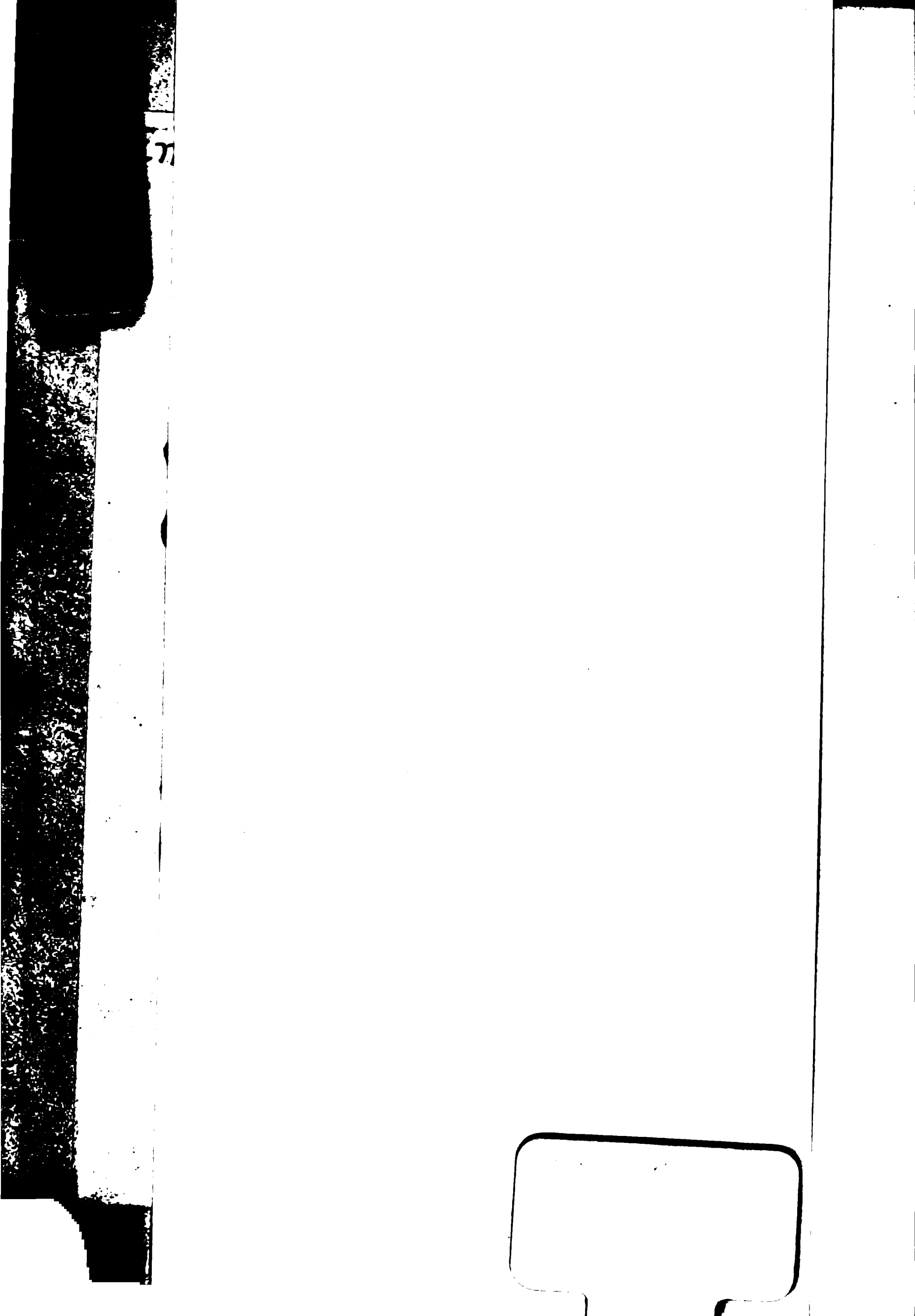
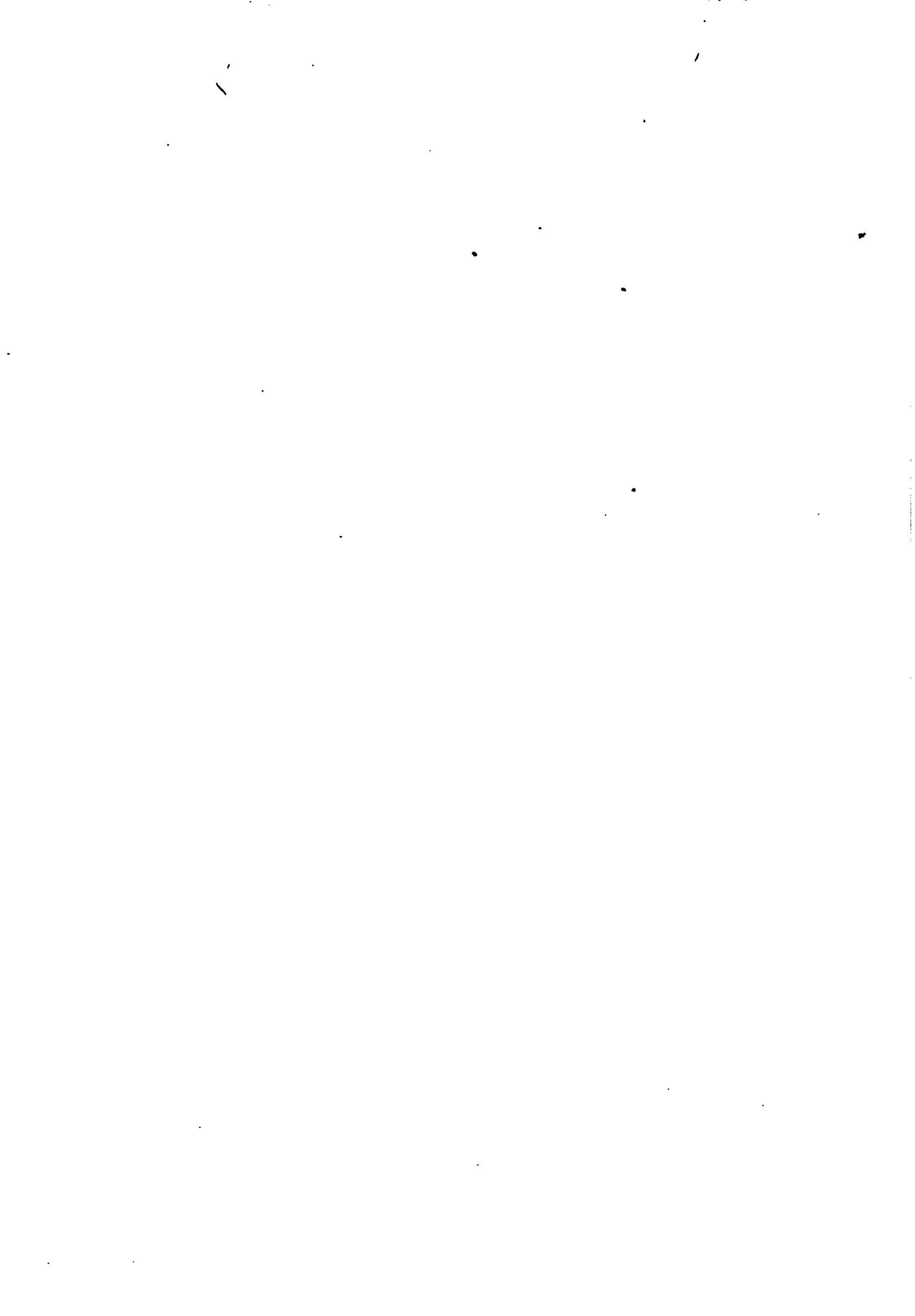
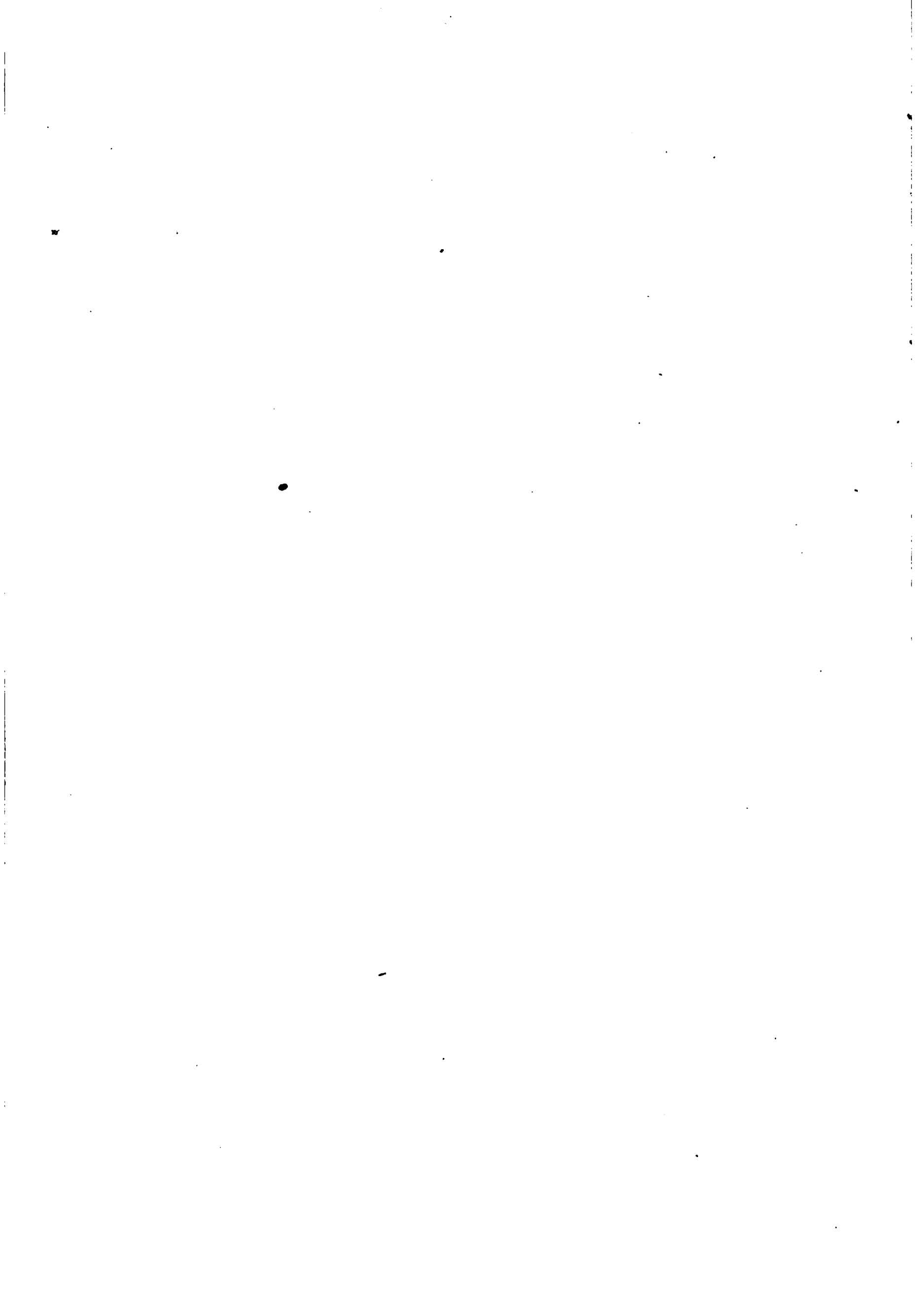
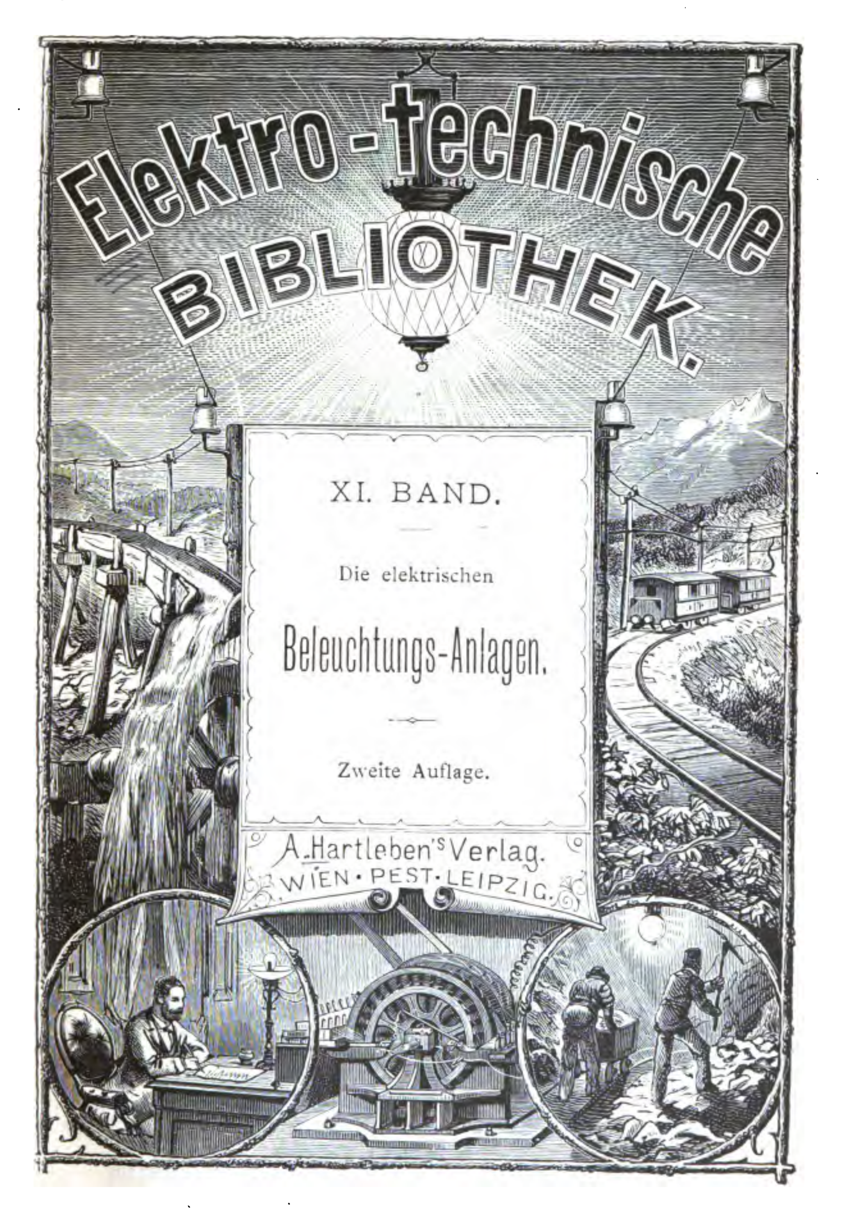







Elektro-technische
BIBLIOTHEK.
XI. BAND.
Die elektrischen
Beleuchtungs-Anlagen.
Zweite Auflage.
A. Hartleben's Verlag.
WIEN · PEST · LEIPZIG.

A. Hartleben's

Elektro-technische Bibliothek.

In reich illustr. Bänden, geh. à 1 fl. 65 kr. ö. W. = 3 Mark = 4 Fr. = 1 R. 80 Kop.; elegant gebunden à 2 fl. 20 kr. ö. W. = 4 Mark = 5 Fr. 35 Cts. = 2 R. 40 Kop.

I. Band. Die magnetelektrischen und dynamoelektrischen Maschinen und die sogenannten Secundär-Batterien, mit besonderer Rücksicht auf ihre Construction. 3. Aufl. Von Gustav Glaser-De Cew.

II. Band. Die elektrische Kraftübertragung und ihre Anwendung in der Praxis, mit besonderer Rücksicht auf die Fortleitung und Vertheilung des elektrischen Stromes. 2. Aufl. Von Eduard Japing.

III. Band. Das elektrische Licht. 2. Aufl. Von Dr. A. von Urbanitzky.

IV. Band. Die galvanischen Batterien, mit besonderer Rücksicht auf ihre Construction und ihre mannigfaltigen Anwendungen in der Praxis. 2. Aufl. Von Wilh. Ph. Hauck.

V. Band. Die Telegraphie, mit besonderer Rücksicht auf die Bedürfnisse der Praxis. Von J. Sack.

VI. Band. Telephon, Mikrophon und Radiophon, mit besonderer Rücksicht auf ihre Anwendungen in der Praxis. Von Theodor Schwartze.

VII. Band. Elektrolyse, Galvanoplastik und Reinmetall-Gewinnung, mit besonderer Rücksicht auf die Bedürfnisse der Praxis. V. Eduard Japing.

VIII. Band. Die elektrischen Mess- und Präcisions-Instrumente, sowie die Instrumente zum Studium der statischen Elektricität, mit besonderer Rücksicht auf ihre Construction. Von A. Wilke.

IX. Band. Die Grundlehren der Elektricität, mit besonderer Rücksicht auf ihre Anwendungen in der Praxis. Von Wilh. Ph. Hauck.

X. Band. Elektrisches Formelbuch mit einem Anhange, enthaltend die elektrische Terminologie in deutscher, französischer und englischer Sprache. Von Prof. Dr. P. Zech.

XI. Band. Die elektrischen Beleuchtungs-Anlagen. Von Dr. A. von Urbanitzky.

XII. Band. Die elektrischen Einrichtungen der Eisenbahnen und das Signalwesen. Von L. Kohlfürst.

XIII. Band. Die elektrischen Uhren und Die elektrische Feuerwehr-Telegraphie. Von Prof. Dr. A. Tobler.

XIV. Band. Haus- und Hôtel-Telegraphie. Von O. Canter.

XV. Band. Die Anwendung der Elektricität für militärische Zwecke. Von Dr. Fr. Waechter.

XVI. Band. Die elektrischen Leitungen und ihre Anlage für alle Zwecke der Praxis. Von J. Zacharias.

XVII. Band. Die elektrische Eisenbahn bezüglich ihres Baues und Betriebes. Von Josef Krämer.

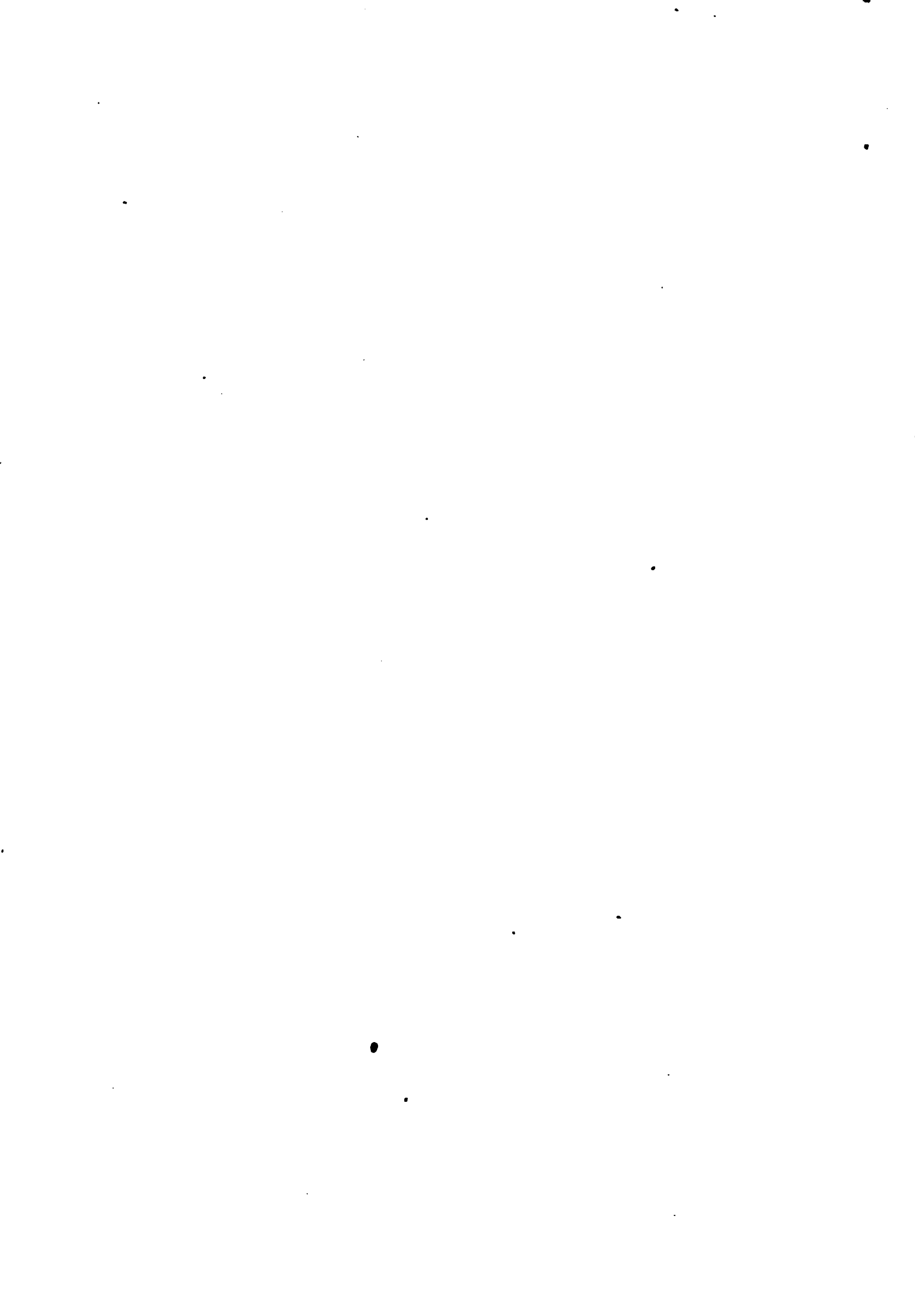
XVIII. Band. Die Elektrotechnik in der Heilkunde. Von Prof. Dr. Rud. Lewandowski.

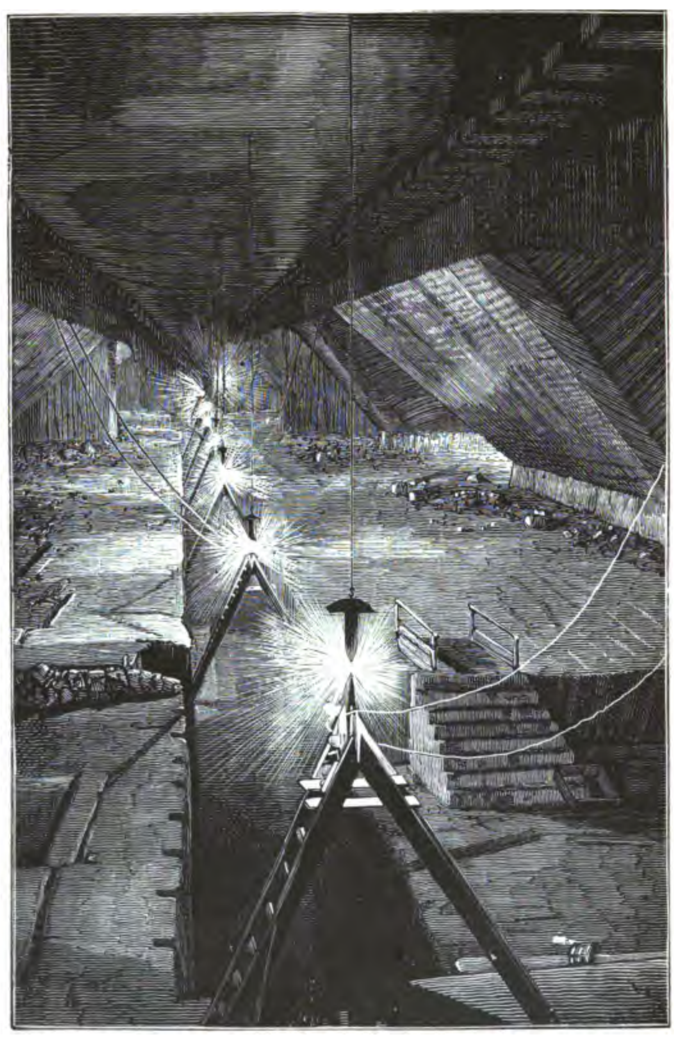
XIX. Band. Die Spannungs-Elektricität und ihre technischen Anwendungen. Von Prof. K. W. Zenger. — u. s. w. u. s. w.

XX. Band. Die Welt-Literatur der elektrotechnischen Wissenschaft, 1860 bis 1883. Von Gustav May.

Jeder Band ist für sich vollkommen abgeschlossen und einzeln käuflich.
Die Sammlung kann auch in Lieferungen à 30 kr. ö. W. = 60 Pf. = 80 Cts. = 36 Kop. bezogen werden.
Einzelne Werke werden nur in der Bandausgabe abgegeben.

A. Hartleben's Verlag in Wien, Pest und Leipzig.





Elektrisch beleuchtete Grube im Salzwerke zu Maros-Ujvár in Ungarn.
(Zu Seite 168.)

Die elektrischen

BELEUCHTUNGS-ANLAGEN

mit besonderer Berücksichtigung

ihrer praktischen Ausführung.

Dargestellt von

Dr. Alfred von Urbanitzky.

Mit 62 Abbildungen.

Zweite Auflage.



WIEN. PEST. LEIPZIG.

A. HARTLEBEN'S VERLAG.

1883.

K. k. Hofbuchdruckerei Carl Fromme in Wien.

Vorwort.

War ursprünglich geplant, der elektrischen Beleuchtung nur einen Band dieser Bibliothek zu widmen, so stellte es sich doch gar bald heraus, dass es unmöglich ist, in einem so engen Rahmen das gewaltige, bereits aufgehäufte Material zu bewältigen. Ich einigte mich daher mit dem Herrn Verleger dahin, den gesammten Stoff in zwei Bänden zu bearbeiten, deren erster im Vereine mit dem Bande über Maschinen den Leser gewissermassen mit den Bestandtheilen, die zu einer elektrischen Beleuchtungsanlage gehören, bekannt machen soll, während im vorliegenden Bande die praktische Ausführung der Anlagen zu schildern versucht wird.

Ich ging hierbei von den Motoren aus, welche zum Antriebe der Lichtmaschinen benützt werden, und verfolgte dann die durch letztere erzeugten Ströme bis zur Verwendungsstelle in den Lampen; hieraus ergab sich auch die Eintheilung des Buches in die nachstehenden Abschnitte.

Bei einigen Beleuchtungssystemen, die ganz specielle Eigenthümlichkeiten zeigen, glaubte ich um der besseren Uebersicht willen, eine Ausnahme machen zu sollen und stellte sie daher in einen eigenen Abschnitt (specielle Leitungen und Schaltungsweisen) zusammen

Hierauf suchte ich die Vor- und Nachtheile der elektrischen Beleuchtungsarten sowohl unter einander, als auch im Vergleiche mit dem Gaslichte, möglichst objectiv zu erörtern.

Hierbei muss jedoch auf eine Schwierigkeit hingewiesen werden, die dadurch entsteht, dass die Erzeugung des elektrischen und des Gaslichtes nicht auf derselben Basis stehen: Das Leuchtgas wird in grossen Centralen erzeugt und von diesen aus, einer grossen Anzahl von Consumenten zugeführt; der elektrische Strom hingegen wird bis heute noch in der Mehrzahl der Fälle an der Verbrauchsstelle selbst und nur für diese erzeugt. Dieser Umstand fällt zu Gunsten der Gasbeleuchtung bedeutend in die Wage und macht vorläufig eine allgemeine und endgiltige Entscheidung zwischen beiden Beleuchtungsarten unmöglich.

Es schien mir daher angezeigt, eine Reihe von praktisch ausgeführten und im Betriebe befindlichen Installationen elektrischer Beleuchtungsanlagen vorzuführen und bei diesen, auf gleichwerthige Gasbeleuchtungsanlagen hinzuweisen.

Ich kann nicht umhin, an dieser Stelle der Verlagsbuchhandlung, welche weder Mühe noch Kosten scheute, mir meine Aufgabe durch Herstellung trefflicher Illustrationen zu erleichtern, meinen wärmsten Dank auszusprechen.

Der Erfolg möge diese Opfer krönen!

Dr. A. Ritter v. Urbanitzky.

Inhalt.

Illustrations-Verzeichniss.

Elektrische Einheiten.

Mass-Einheiten, welche zu elektrischen Messungen dienen.

I. Die absoluten oder C. G. S. (Centimeter-Gramm-Secunde-) Einheiten.

1. Längeneinheit: 1 Centimeter.

2. Zeiteinheit: 1 Secunde.

3. Krafteinheit. Die Krafteinheit ist diejenige Kraft, welche für eine Secunde lang auf eine frei bewegliche Masse von dem Gewichte eines Grammes wirkend, dieser Masse eine Geschwindigkeit von 1 Centimeter per Secunde verleiht.

4. Die Arbeitseinheit ist die Arbeit, welche von der Krafteinheit verrichtet wird, wenn dieselbe die Entfernung von 1 Centimeter zurücklegt. Diese Einheit ist in Paris = 0·00101915 Centimeter-Gramm, oder mit andern Worten, um das Gewicht eines Grammes einen Centimeter hoch zu heben, sind 980.868 Krafteinheiten nöthig.

5. Die Einheit der elektrischen Quantität ist diejenige Quantität von Elektricität, welche auf eine gleich grosse Quantität, die einen Centimeter weit entfernt ist, eine Kraft gleich der Krafteinheit ausübt.

6. Die Einheit des Potentials oder der elektromotorischen Kraft existirt zwischen zwei Punkten, wenn die Einheit der elektrischen Quantität bei ihrer Bewegung von dem einen Punkte zum andern die Krafteinheit gebraucht, um die elektrische Abstossung zu überwinden.

7. Die Widerstandseinheit ist die Einheit, welche nur einer Quantitätseinheit den Uebergang zwischen zwei Punkten, zwischen welchen die Potentialeinheit existirt, in einer Secunde gestattet.

II. Die sogenannten praktischen Einheiten für elektrische Messungen.

1.	Weber,	Einheit der	magnetischen Quantität	$= 10^8$	C. G. S.	Einheiten
2.	Ohm [1]	»	des Widerstandes	$= 10^9$	»	»
3.	Volt [2]	»	der elektromotor. Kraft	$= 10^8$	»	»
4.	Ampère [3]	»	» Stromstärke	$= 10^{-1}$	»	»
5.	Coulomb [4]	»	» Quantität	$= 10^{-1}$	»	»
6.	Watt [5]	»	» Kraft	$= 10^7$	»	»
7.	Farad	»	» Capacität	$= 10^{-9}$	»	»

[1]) 1 Ohm ist gleich 1·0493 Siem. Einh. und etwa gleich dem Widerstande von 48·5 Meter reinen Kupferdrahtes von einem Durchmesser von 1 Mm. bei einer Temperatur von 0° Celsius.

[2]) Ein Volt ist 5—10% weniger als die elektromotorische Kraft eines Daniell'schen Elementes.

[3]) Der Strom, welcher durch die elektromotorische Krafteinheit, die Widerstandseinheit in einer Secunde zu durchfliessen im Stande ist, ist = 1 Amp.

[4]) Coulomb heisst jene Quantität der Elektricität, welche per Secunde ein Ampère giebt.

[5]) 1 Watt = Ampère × Volt. 1 H. P. (horse power) $= \frac{\text{Amp.} \times \text{Volt}}{746}$

1 Cheval de vapeur $= \frac{\text{Amp.} \times \text{Volt.}}{735.}$ = P. S. (Pferdestärke.)

Einleitung.

Die Anlage einer elektrischen Beleuchtung ist ein ziemlich complicirtes Unternehmen. Es erfordert ein reifliches Erwägen und Vergleichen aller Umstände, die bei einem gegebenen Falle in Betracht kommen, bevor man zur Ausarbeitung eines brauchbaren und vortheilhaft realisirbaren Planes gelangt. Nicht nur die Lichtmaschinen und Lampen müssen als brauchbar anerkannt sein und passende Betriebsmaschinen zur Verfügung stehen, auch das Beleuchtungsobject muss in jedem einzelnen Falle wieder einem speciellen, eingehenden Studium unterworfen werden. Regeln von so allgemeiner Giltigkeit und so umfassendem Inhalte, dass sie für alle vorkommenden Fälle elektrischer Beleuchtungsanlagen gewissermassen als Schablone dienen könnten, nach welcher man einfach in jedem speciellen Falle vorzugehen hätte, lassen sich nicht aufstellen. Was für eine Beleuchtungsanlage als mustergiltig erscheint, kann für die andere geradezu ganz unbrauchbar sein, und umgekehrt. Es rührt dies daher, dass einerseits Producent und Consument (wenigstens heute noch in der Mehrzahl der Fälle) in einer Person vereinigt sind, und andererseits die Lichtintensität des elektrischen Lichtes

gegenüber den bis jetzt gebräuchlichen Lichtern (Kerzen, Petroleum, Gas) eine ganz ausserordentlich grosse ist.

Wenn es nach Obigem nun auch nicht möglich ist, eine förmliche Regelsammlung für die Ausführung elektrischer Beleuchtungsanlagen aufzustellen, so sind die bis heute gewonnenen Erfahrungen doch bereits ausreichend, um gewisse Richtungslinien, nach welchen man vorzugehen hat, anzugeben. Eine Skizzirung derselben soll im Nachstehenden versucht werden.

I.
Die Motoren.

Zum Betriebe der Lichtmaschinen können die verschiedenartigsten Motoren, als Gas- und Dampfmaschinen, Turbinen, Heissluftmaschinen etc. angewandt werden, wenn sie ausser den gewöhnlich an sie gestellten Bedingungen noch die erfüllen, dass ihre Bewegung äusserst regelmässig ist und durch einen empfindlichen Regulator beherrscht wird. Ist diese Bedingung nicht erfüllt, so werden die besten Lichtmaschinen und Lampen, selbst Glühlichtlampen nicht ausgenommen, ein unstetes, in seiner Intensität stets wechselndes Licht liefern. Indirect, das heisst, mit Zuhilfenahme von Accumulatoren, werden allerdings auch unregelmässig gehende Motoren Verwendung finden können. Sonst

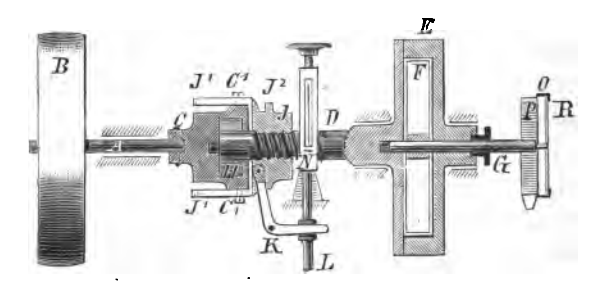
aber kann von dieser Bedingung nicht abgegangen werden. Es ist deshalb nicht immer möglich, die überschüssige Kraft eines bereits vorhandenen Motors zum Betriebe der Lichtmaschine auszunützen, und daher unrichtig, wenn man im Vorhinein glaubt, der Betrieb der Beleuchtungsanlage müsse billig sein, weil die Betriebskraft nahezu nichts kostet. Eine Fabriksmaschine, die schwere Arbeitsmaschinen treibt, bei welchen es mehr auf Kraft als auf Regelmässigkeit der Bewegung ankommt, ist zum Betriebe einer Lichtmaschine ganz und gar ungeeignet; nicht nur, dass ihre Tourenanzahl stark variirt, sie daher schon an und für sich die Lichtmaschine unregelmässig betreiben würde, macht die Fabriksmaschine überdies noch sehr wenige Touren per Minute, müsste also durch eine sehr bedeutende Uebersetzung der Lichtmaschine die nöthige Tourenanzahl ertheilen, und so würde ihre Unregelmässigkeit ausserordentlich vergrössert in der Lichtmaschine zur Geltung kommen.

Aus demselben Grunde ist auch eine *einfach wirkende Dampfmaschine* nicht verwendbar, da trotz des Schwungrades ihre Bewegung viel zu unregelmässig stattfindet. Selbst doppelt wirkende, aber eincylindrige, sind nicht sehr zu empfehlen, da bei diesen die beiden todten Punkte Anlass zu Unregelmässigkeiten geben. Dieser Uebelstand ist vermieden bei den Zweicylindermaschinen.

Die oben betonte ausserordentliche Wichtigkeit eines empfindlichen und verlässlich arbeitenden Regulators an der Dampfmaschine wird es gewiss rechtfertigen, wenn nachstehend die Beschreibung eines

solchen, der die Verwendung einer mit ihm ausgerüsteten Dampfmaschine zum Betriebe einer Lichtmaschine ganz hervorragend befähigen soll, hier vollinhaltlich aufgenommen wurde. Die Beschreibung dieses von J. E. C. Koch in London und F. W. Durham in New-Barnet construirten Regulators ist der »Elektrotechnischen Zeitschrift« (IV. Jahrg. S. 16) entnommen, und damit ausgeführte Versuche sind im »Engineering« 1882 p. 215 veröffentlicht:

Fig. 1.



Der Regulator ist ein Widerstandsregulator, welcher durch den Widerstand, den eine Flüssigkeit einem Flügelrade entgegensetzt, eine kleine Hilfsdampfmaschine bethätigt, an welcher die Drosselklappe der Hauptmaschine angeschlossen ist. Die von der Riemenscheibe *B*, Figur 1, umgedrehte Regulatorwelle ist in zwei Theile *A* und *D* getrennt. Die Welle *D* wird an der Stossstelle von dem Kopfe *C* der Welle *A* umfasst, in welcher eine Feder *H* derart angeordnet ist, dass das eine Ende derselben mit dem Kopfe *C*, also der Welle *A*, das andere mit der Welle *D* vernietet ist. Diese Feder

wirkt derart, dass eine Verdrehung der Welle *C* gegen *D* die Spannung erhöht. Es wird unter dieser Voraussetzung die von der Riemenscheibe *B* eingeleitete Bewegung der Welle *A* sich auf die Spindel *D* und auf ein mit derselben fest verbundenes, mit einer Flüssigkeit (Glycerin) gefülltes Gehäuse *E* fortpflanzen. Dieser Bewegung setzt, wegen der Flüssigkeit, ein Schaufelrad *F*, welches mittelst einer Feder *P* in dem feststehenden Gehäuse *O* elastisch gesperrt gehalten wird, einen gewissen Widerstand entgegen. Vergrössert sich die Umdrehungsgeschwindigkeit der Welle *A*, so wird dieser Widerstand nicht sofort überwunden werden, vielmehr wird die Uebertragungsfeder *H* angezogen, während die Welle *D* in ihrer alten Geschwindigkeit beharrt. Diese gegenseitige Verdrehung der beiden Wellentheile äussert sich in einer Verschiebung der zu dem Schraubengewinde der Welle *D* gehörigen Mutter *J* nach rechts, welch' letztere durch geschlitzte Stangen J^1 und Schrauben C^1 mit dem Kopfe *C* verbunden ist. Ein in der Nuth J^2 geführter doppelarmiger Hebel *K* macht diese Bewegung mit, wodurch derselbe die Schieberstange *L* einer kleinen Hilfsdampfmaschine senkt und diese anlässt. Der Kolben der Hilfsdampfmaschine bewegt entsprechend die Drosselklappe der Hauptdampfmaschine.

Vermindert sich auf diese Weise die Geschwindigkeit der Maschine, beziehungsweise der Welle *A* wieder, so wird die Wirkung der Feder *H* beide Wellen in ihre normale Lage zurückführen; es schraubt sich die Mutter *J* auf *D* zurück, so dass die Schieberstange *L* den Dampfzufluss in den Hil'scylinder absperrt.

Die Empfindlichkeit des Regulators für irgend eine Geschwindigkeitszunahme kann in verschiedener Weise genau regulirt werden. Erstens geschieht dies durch Vergrösserung der Spannung in der Feder *H*; zweitens vermag die Veränderung der Spannung einer bei *N* befindlichen Feder dieselbe Wirkung hervorzubringen. Diese Feder ist bestrebt, die Schieberstange *L* zu heben, also den Dampfzufluss stets geschlossen zu halten; deshalb muss der Hebel *K* zuerst die Spannung dieser Feder überwinden, bevor dieselbe bei Vorwärtsbewegung der Mutter *J* den Schieber herunterdrücken kann. Je nachdem diese Feder mehr oder weniger stark angespannt ist, wird der Anhub der Stange *L* später oder früher erfolgen. Endlich wird die Tourenzahl, welche die Maschine wirklich macht, durch den Zeiger *R* der Welle *G* wirklich angegeben. Da nämlich der durch das Flügelrad *F* gebotene Widerstand gegen eine Verdrehung für jede Verdrehungsgeschwindigkeit von *E* eine gewisse Spannung der Feder *P* hervorbringen muss, so wird sich die Spindel *G* mit ihrem Zeiger *R* um einen dieser Drehung entsprechenden Winkel gegen das Gehäuse *O* drehen müssen. Es kann also auf einem hier befindlichen Zifferblatte die der Spannung und Stellung entsprechende Tourenzahl abgelesen werden, so dass hierdurch eine Controle der Einstellung gegeben ist.

Mit diesem Regulator hat W. Spottiswoode in Coombe Baak einige Versuche angestellt, welche dessen Leistungsfähigkeit und nutzbringende Verwendung bei Dampfmaschinen zum elektrischen Lichtbetriebe als beachtenswerth erscheinen lassen. Der Regulator war hierbei an einer nominell 12pferdigen, horizontalen Dampf-

maschine angebracht und diese zum Betriebe einer dynamoelektrischen Maschine von Méritens benützt. Diese konnte im Ganzen 14 Bogenlichter und 4 Stromkreise à 30 Swan-Lampen mit Strom versorgen.

Es wurden nun z. B. 4 Bogenlampen und 30 Glühlichter angezündet und dann die ersteren plötzlich ausgelöscht; die Tourenzahl der Dynamomaschine blieb unverändert. Dann liess man das gesammte Beleuchtungs-System in Function setzen und darauf plötzlich ganz auslöschen, ohne dass die Maschine ihre Geschwindigkeit änderte. Ferner wurde die Dynamomaschine auf die Tourenzahl 900 gebracht und nur einige Lampen angezündet; darauf zog man das Feuer aus dem Kessel, wodurch der Dampf von seiner Spannung allmählich herunterging. Die Maschine blieb trotzdem bei ihrer früheren Tourenzahl. Leider steht uns nur diese eine Versuchsreihe zur Verfügung, weshalb auch noch kein endgiltiges Urtheil über diesen Regulator möglich ist.

Aber auch bei Anwendung vorzüglich arbeitender Zweicylindermaschinen, die mit den besten Regulatoren versehen sind, ist die Möglichkeit einer ungleichmässigen oder gar unterbrochenen Rotation der Lichtmaschine nicht ausgeschlossen. Die Ursache liegt in der Verbindung beider Maschinen durch Riemen und Riemenscheiben. Ein zeitweises Gleiten des Riemens wird nämlich eine wechselnde Tourenzahl, das Abspringen oder Reissen desselben den Stillstand der Lichtmaschine zur Folge haben. Derlei Störungen werden durch Anwendung sogenannter rotirender Motoren, wie sie Brotherhood, Dolgoroucki, Maxim und andere construirt haben, vermieden. Bei Anwendung dieser Motoren kann

man die Axe der Lichtmaschine mit jener des Motors direct verkuppeln; ihre Umdrehungsgeschwindigkeit innerhalb einer Umdrehung ist constant, und sie nehmen im Verhältnisse zu ihrer Leistungsfähigkeit einen kleinen Raum ein. Allerdings ist aber auch ihr Dampfverbrauch ein grösserer.

In Bezug auf die Regelmässigkeit des Ganges sind auch die verschiedenen Systeme der Gasmotoren in ihrer gegenwärtigen Ausführung, mit Ausnahme der nach dem Otto'schen Systeme gebauten Zwillingsmaschinen, nicht unbedingt zu empfehlen. Man kann sie aber namentlich bei kleineren Anlagen verwenden, da dann ihre übrigen Vorzüge den angegebenen Nachtheil aufwiegen. Ihre Aufstellung ist viel einfacher als die einer Dampfmaschine, sie sind leichter und schneller in Gang zu setzen, erzeugen weder Rauch noch Asche, und können, was namentlich für Privathäuser wichtig sein kann, ohne behördliche Bewilligung aufgestellt werden. Auch bedürfen sie zu ihrem Betriebe keines geprüften Heizers.

Es handelt sich noch um die Beantwortung der Frage, ob es zweckmässiger ist, einen grossen oder mehrere kleine Motoren aufzustellen. Vom ökonomischen Standpunkte aus ist jedenfalls ein grosser Motor mehreren kleineren vorzuziehen, da dieser viel rationeller arbeitet. Für Anlagen, bei welchen eine, wenn auch nur momentane Störung unzulässig ist, wird man nur durch Aufstellung zweier oder mehrerer Motoren seinen Zweck erreichen können. Uebrigens möge man die Aengstlichkeit hierin nicht zu weit treiben, da bei Anwendung einer guten Dampfmaschine, die regelmässig

in Betrieb gesetzt wird, ein Versagen nicht so leicht eintritt. Es geschieht dies um so weniger, wenn die Maschine nur für die Beleuchtung, also nur Abends benützt wird, und die Bedienungsmannschaft daher stets den ganzen Tag über Zeit hat, für die gute Instandhaltung zu sorgen.

II.
Die Lichtmaschinen.

Bei den Lichtmaschinen hat man in erster Linie seine Aufmerksamkeit auf die Solidität und Dauerhaftigkeit derselben in Bezug auf ihre mechanische Construction zu richten. Das Constructions-Princip ist bei den Maschinen verschiedener Constructeure kein gar zu verschiedenes; die Differenzen hierin sind nur zu häufig Umgehungen bestehender Patente, nicht immer Verbesserungen, zu öfteren Malen aber ganz ohne Belang. Wichtig sind aber der Bau und die Anordnung jener Theile der Lichtmaschine, welche der Abnützung durch den Gebrauch am meisten unterliegen. Zu diesen gehören die Axenlager, der Stromabgeber — und auch der rotirende Theil (entweder Anker oder Elektromagnete). Die Axenlager sollen breit, solid befestigt, leicht zugänglich und mit ausreichenden Schmiervorrichtungen versehen sein. Der Stromabgeber ist jener Theil, welcher

der Abnützung am meisten unterliegt. Die Abnützung befördernde Umstände sind starke Funkenbildung und auch Verunreinigungen durch das Schmieröl für die Axenlager. Erstere ist unter sonst gleichen Umständen grösser bei Erzeugung von Strömen hoher Spannung, als bei solchen von geringer Spannung. Zur Abnützung des Stromabgebers durch Verbrennung in Folge der Funkenbildung kommt noch jene durch chemische und mechanische Einwirkung, wenn das Schmieröl auf die Kupfersectoren fliesst. Durch die elektrischen Funken bilden sich Zersetzungsproducte des Oeles, die den Stromabgeber rascher zerstören helfen, und das Oel selbst kann, mit Staub, Metalltheilchen etc. vermengt, die Isolirungen zwischen den einzelnen Sectoren verderben. Es ist deshalb darauf zu achten, dass durch Construction oder Anordnung der Zutritt des Schmieröles zum Stromabgeber unmöglich gemacht wird. Da aber auch bei Beachtung dieser Punkte der Stromabgeber immer jener Theil bleibt, der sich am raschesten abnützt, so verdienen jene Maschinen den Vorzug, welche ein rasches und einfach auszuführendes Auswechseln desselben gestatten.

Aehnlich verhält es sich mit den rotirenden Spulen; diese können dadurch unbrauchbar werden, dass der elektrische Strom die Isolirung durchschlägt. Es wird daher als Vorzug einer Maschine gelten, wenn sie in leichter Weise die Auswechslung der schadhaften Spule gestattet. Es ist dies beispielsweise bei der Flachringmaschine von Schuckert der Fall; dieselbe ist auch in Bezug auf das über den Stromabgeber und die Lager Gesagte mustergiltig. Hat man diesen Umständen nicht

Rechnung getragen, so erfordert die Sicherheit des Betriebes einer Beleuchtungsanlage die Beigabe von Reserveankern zu der Maschine, während es in dem angeführten Beispiele genügt, einzelne Reservetheile zur Verfügung zu haben. Schuckert's Lagerung des Ankers in dem auf einer Seite offenen Grundgestelle hat überdies noch den Vortheil, dass die Lüftung weniger Schrauben hinreicht, um den Anker herausnehmen und so den schadhaft gewordenen Theil rasch und bequem durch einen Reservetheil ersetzen zu können.

Ein wichtiges Moment bei der Beurtheilung von Lichtmaschinen ist auch ihr innerer Widerstand; von diesem hängt die Spannung des erzeugten Stromes ab. Bei grossem inneren Widerstande erhält man Ströme von hoher Spannung, kann daher eine grössere Anzahl von Lampen in einen Stromkreis hintereinander schalten und erspart dadurch an Leitungsmaterial. Die hohe Spannung bringt hingegen ausser den Nachtheilen, die in Lampen und Leitungen auftreten und dort erörtert werden sollen, noch den für die Maschine mit sich, dass wegen des hohen inneren Widerstandes in der Maschine ein grosser Theil des Stromes zur Ueberwindung des ersteren verwendet werden muss, also für die Lichterzeugung verloren geht; auch kann das Durchschlagen einer Isolirung leichter erfolgen und stärkere Funkenbildung am Stromabgeber eintreten. Maschinen mit sehr geringem inneren Widerstande sind von diesen Uebelständen frei, gestatten aber allerdings auch nur die Einschaltung einer beschränkten Anzahl von Bogenlampen in einen Stromkreis. Ein gewisser Widerstand ist jedoch unbedingt nothwendig, da ohne

diesen die Strom- und Lichterzeugung wegen des Polarisationsstromes in den Lampen unmöglich würde. Bei Wechselstrommaschinen tritt diese Gegenwirkung allerdings nicht schädlich auf, sondern kommt vielmehr dem jedesmal folgenden Maschinenstrom zu gute; aber diese Maschinen sind überhaupt nur dann zu empfehlen, wenn keine solchen für gleichgerichtete Ströme angewandt werden können, wie zum Beispiele bei der Jablochkoff-Kerze.

Die Vor- und Nachtheile der Ströme hoher und geringer Spannung, gleicher und wechselnder Richtung werden im IX. Capitel erörtert.

Die Zahl der für eine Anlage erforderlichen Lichtmaschinen hängt, wie die der Motoren, nicht blos von der Grösse der Anlage, sondern auch von der Sicherheit ab, welche man von der Function derselben verlangt. Ist eine Unterbrechung der Beleuchtung absolut unzulässig, oder vielleicht gar mit Gefahren verbunden, so reicht die Bereithaltung von Reserveankern oder Theilen allein nicht aus. Es muss vielmehr für eine entsprechende Anzahl von Maschinen gesorgt werden.

Die allgemeine Frage, ob es bei Bedarf mächtiger Ströme für ausgedehnte Beleuchtungsanlagen zweckmässiger sei, den Lichtmaschinen dem entsprechend kolossale Dimensionen zu geben, oder die Grösse derselben nur bis zu einem bestimmten Grade festzusetzen und dann eine nach dem Strombedarf bemessene Anzahl solcher Maschinen zur Stromlieferung in eine gemeinschaftliche Leitung zu verbinden, muss heute noch als unbeantwortet bezeichnet werden. Während John

Perry *) der ersteren Ansicht ist, also die Lichtmaschinen in riesigen Dimensionen ausgeführt sehen will, neigen sich einige deutsche Gelehrte mehr der Meinung zu, es sei mit der Vergrösserung der Lichtmaschinen nicht gar zu weit zu gehen, dafür sollen aber diese Maschinen in ganzen Batterien zur Anwendung gelangen. Und in der That ist auch die Verbindung mehrerer Maschinen mässiger Dimension in einem Stromkreise in der Praxis schon wiederholt zur Anwendung gelangt. Es schien uns daher wünschenswerth, auch in diesem Buche hierauf näher einzugehen. Wir folgen hierbei einer Abhandlung, welche der österreichische Marine-Ingenieur M. Burstyn in »L'électricien«, Tome II, p. 444, veröffentlicht hat. (Vergl. auch Uppenborn, »Zeitschrift für angewandte Elektricitäts-Lehre« Band III, S. 339.)

Jede dynamoelektrische Maschine ist einem elektrischen Generator mit zwei Polen vergleichbar; man kann sie daher auf Spannung oder auf Quantität verbinden. Bei allen elektrischen Strömen, welche Arbeit leisten, tritt Polarisation auf, und die Maximalarbeitsleistung entspricht einem bestimmten Verhältnisse zwischen elektromotorischer Kraft der Maschine und elektromotorischer Kraft der Polarisation. Aus den Untersuchungen Ferrini's **) erhellt, dass das Arbeitsmaximum dann eintritt wenn die

---

*) »Die zukünftige Entwicklung der Elektrotechnik«. Vortrag von Prof. John Perry, deutsch von Dr. A. F. Weinhold.

**) R. Ferrini, Technologie der Elektricität und des Magnetismus, deutsch von M. Schröter.

$$\frac{\text{elektromotorische Kraft der Maschine}}{\text{elektromotorische Kraft der Polarisation}} = \frac{2}{1}$$

oder die elektromotorische Kraft der Polarisation =

$$\frac{\text{elektromotorische Kraft der Maschine}}{2}$$

Betrachtung für den Voltabogen. Die Versuche wurden bei Sautter-Lemonnier & Cie. mit Maschinen von Gramme (Type C) durchgeführt. Es bezeichnet S die Stromstärke im Lampenkreise, r den Widerstand des Bogens, S_1 die Stromstärke, wenn der Bogen viel länger ist und dann den Widerstand r_1 besitzt; ϱ sei der Widerstand der Maschine, x jener der Lampe, E die elektromotorische Kraft der Maschine und P die der Polarisation. Setzt man ferner $r + \varrho = w$ und $r_1 + \varrho = w_1$ so erhält man

$$S = \frac{E-P}{w+x} \quad \text{und} \quad S_1 = \frac{E-P}{w_1+x}$$

oder $Sw + Sx = E-P$ und $S_1 w_1 + S_1 x = E-P$ durch Subtrahiren beider Gleichungen von einander

$$S_1 w_1 - Sw + S_1 x - Sx = 0 \qquad \text{oder}$$

$$S_1 w_1 - Sw = x\ (S - S_1)$$

daraus
$$x = \frac{S_1 w_1 - Sw}{S - S_1};$$

setzt man diesen Werth für x in den Ausdruck für $E-P$ ein, so erhält man

$$Sw + \frac{S\ (S_1 w_1 - Sw)}{S - S_1} = E - P$$

und daraus
$$P = \frac{E\ (S - S_1) + SS_1\ (w - w_1)}{S - S_1}$$

Nach dem Gesetze von Ferrini müsste die elektromotorische Kraft E der Maschine doppelt so gross sein

als der für P, die elektromotorische Kraft der Polarisation, gefundene Werth.

Ohne auf die speciellen Zahlenangaben einzugehen, möge hier nur bemerkt werden, dass die zahlreichen Bestimmungen, welche Burstyn mit Gramme-schen Maschinen verschiedener Typen gemacht hat, zeigten, dass alle diese Maschinen bei normaler Geschwindigkeit des Ankers eine elektromotorische Kraft haben, welche den angegebenen Werth nicht nur erreicht, sondern im Allgemeinen überschreitet; daraus resultirt einerseits, dass die Gramme'schen Maschinen unter ökonomisch günstigen Bedingungen construirt sind und andererseits, dass bei Verbindung zweier Maschinen dieselben auf Quantität und nicht auf Spannung zu verbinden sind.

Die Verbindung Gramme'scher Maschinen auf Quantität bringt aber noch einen anderen Vortheil mit sich, wie nachstehende Betrachtung ergiebt. Es sei E die elektromotorische Kraft einer Lichtmaschine bei normaler Tourenzahl, ϱ ihr innerer Widerstand, w der Widerstand des äusseren Kreises und e der Widerstand der Lampe.

Die Verbindung zweier Maschinen auf Spannung giebt dann für die Intensität des Stromes

$$S = \frac{2E}{2\varrho + w + e}$$

während bei der Verbindung auf Quantität

$$S_1 = \frac{E}{\frac{\varrho}{2} + w + e} = \frac{2E}{\varrho + 2(w + e)}$$

woraus $$\frac{S_1}{S} = \frac{2\varrho + w + e}{\varrho + 2(w + e)} = \frac{2 + \frac{w + e}{\varrho}}{1 + 2\frac{w + e}{\varrho}}.$$

Die Verbindung zweier Maschinen auf Quantität ist also vorzuziehen, so lange als $\frac{S_1}{S} > 1$. Nun ist in den Gramme'schen Maschinen ϱ sehr angenähert $= 1$, $e = 0{\cdot}6$ und w überschreitet selten $0{\cdot}1$; man hat daher:

$$\frac{S_1}{S} = \frac{2 + \frac{0{\cdot}1 + 0{\cdot}6}{1}}{1 + 2\frac{0{\cdot}1 + 0{\cdot}6}{1}} = \frac{2{\cdot}7}{2{\cdot}4} > 1.$$

woraus also in der That hervorgeht, dass die beiden Gramme'schen Maschinen auf Quantität zu verbinden sind.

Diese Verbindung kann aber zum Auftreten störender Einflüsse Veranlassung geben; Gramme war nach Burstyn's Angabe der erste welcher ein Mittel zur Vermeidung derselben angab.

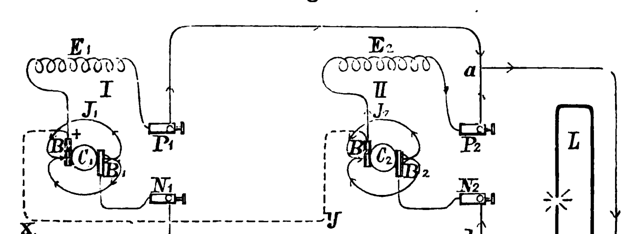
In Figur 2 sind zwei Maschinen I und II, neben einander geschaltet, schematisch dargestellt. J_1 und J_2 sind die Armaturen, C_1 und C_2 die Collectoren mit den dazu gehörigen Bürsten $B_1 B'_1$ und $B_2 B'_2$, $P_1 N_1$ und $P_2 N_2$ die positiven und negativen Polklemmen, E_1 und E_2 die Leitungen um die Elektromagnete und L die im Stromkreise beider Maschinen eingeschaltete Lampe. Bei a fliessen die Ströme beider Maschinen durch die Leitung $a\,c$ zur Lampe und gelangen über $d\,b$ zu den Maschinen zurück; der Stromweg ist also folgender:

$$\begin{matrix} + B_1 E_1 P_1 \\ + B_2 E_2 P_2 \end{matrix} > a\,c, \text{ Lampe, } d\,b < \begin{matrix} N_1 B'_1 - \\ N_2 B'_2 - \end{matrix}$$

Es fliesst demnach durch die Lampe ein Strom, welcher der elektromotorischen Kraft einer Maschine und dem Widerstande entspricht, welcher in der Kabelleitung sammt Lampe und in den zu einer parallel geschalteten Leitung vereinigten Drahtwindungen beider Maschinen repräsentirt ist.

Sind die elektromotorischen Kräfte beider Maschinen gleich gross, so wird immer, so gross

Fig. 2.



auch der Widerstand der Lampe werden mag, der Strom beider Maschinen ganz durch den gemeinschaftlichen Weg (die Lampe) fliessen, ohne dass bei *a* ein Theil derselben in der einen oder anderen Richtung ($P_1 E_1 B_1$ oder $P_2 E_2 B_2$) überträte und einen der beiden Elektromotoren in entgegengesetztem Sinne durchflösse, als es die in ihm thätige elektromotorische Kraft fordert. Bei gänzlicher Unterbrechung der Leitung in *L* wird — gleich grosse elektromotorische Kräfte vorausgesetzt — der Schliessungskreis der Maschinen auch bei fortgesetztem Betriebe derselben stromlos sein.

Sind jedoch die elektromotorischen Kräfte beider Maschinen nicht gleich gross, so wird, wenn der Widerstand in der Lampe über eine gewisse Grenze gewachsen ist, der Strom der stärkeren Maschine bei *a* zum Theile in die schwächere Maschine übertreten und ihre Leitungen in entgegengesetztem Sinne durchfliessen. Vollends findet dies statt, wenn die Leitung in *L* durch Erlöschen der Lampe unterbrochen wird, die Maschinen aber im Betriebe bleiben. Dann wird diejenige Maschine, welche die geringere elektromotorische Kraft besitzt, von einem entgegengesetzt gerichteten Strome durchflossen werden, welcher die Differenz der elektromotorischen Kräfte und dem Widerstande im gesammten Stromkreise entspricht. (1)

Bei entsprechender Kraft dieses Differenzstromes werden die Elektromagnete der schwächeren Maschine umpolarisirt und dadurch wird der in ihr erzeugte Strom umgekehrt, d. h. so gerichtet, wie es der Strom der anderen Maschine ist. Es wird jetzt durch die Leitungen ein Strom fliessen, welcher der Summe der elektromotorischen Kräfte beider Maschinen entspricht, und die Maschinen sind jetzt eben hinter einander geschaltet. (2)

Bleiben sie weiter im Betriebe, so ist Gefahr für Erhitzung derselben vorhanden, denn sie erscheinen jetzt kurz geschlossen, und die Stromstärke in den eigenen Leitungen der Maschinen wächst zu enormer Grösse an. (Nach einer ungefähren Berechnung zu $^{15}/_{8}$ der Stromstärke bei normaler Schaltung.) Die Lampenleitung sinkt zur Zweigleitung herab und erhält nur

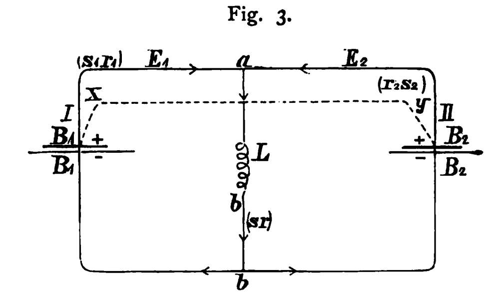


jenen Theil des gesammten Stromes, welcher sich nach den Gesetzen der Stromtheilung aus dem Verhältnisse der Widerstände in den beiden Stromzweigen ergiebt. Zur Erreichung der normalen Lichtstärke würde man die Kabel an der umpolarisirten Maschine im Sinne der geänderten Polarität verkehrt anlegen müssen.

Die Möglichkeit gefährlicher Zwischenfälle resultirt aus folgender Entwicklung:

Mit Beibehaltung der Bezeichnung wie in Fig. 2 zeigt Fig. 3 dieselbe Anordnung dadurch vereinfacht,

Fig. 3.



dass an Stelle der Maschinen 2 Volta-Elemente genommen sind.

E_1 und E_2 seien die elektromotorischen Kräfte der Maschinen *I* und *II*, s_1 s_2 die Intensitäten, r_1 r_2 die Widerstände in den Theilen *b I a* und *b II a*, und *r* der Widerstand der Lampe, so erhält man z. B. für s_2 den Werth in folgender Art. Nehmen wir zuerst an, die Maschine *II* sei nur Leiter, nicht Generator, und bezeichnen mit s'_2 die Stromintensität, welche in diesem Falle *b II a* im Sinne der elektromotorischen Kraft von *I* durchläuft; man hat dann:

$$s'_2 = \frac{E_1}{r_1 + \frac{r_2 r}{r + r_2}} \cdot \frac{1}{r_2 \frac{r_2 + r}{r r_2}} = \frac{E_1 r}{r r_1 + r r_2 + r_1 r_2} \quad a)$$

Für die Maschine I als Leiter bekommt man, wenn s''_2 die Intensität des Stromes bezeichnet, welcher $b\,II\,a$ im Sinne und in der Stärke der elektromotorischen Kraft von II durchläuft, in analoger Weise:

$$s''_2 = \frac{E_2}{r_2 + \frac{r r_1}{r + r_1}} = \frac{E_2 (r + r_1)}{r r_1 + r r_2 + r_1 r_2} \quad b)$$

Lässt man dann die beiden elektromotorischen Kräfte gleichzeitig im entgegengesetzten Sinne wirken, so ist die resultirende Stromintensität s_2 des Zweiges $b\,II\,a$ gleich der Differenz $s''_2 - s'_2$

$$s_2 = s''_2 - s'_2 = \frac{E_2 (r + r_1) - E_1 r}{r r_1 + r r_2 + r_1 r_2} = \frac{E_2 r_1 - (E_1 - E_2) r}{r r_1 + r r_2 + r_1 r_2} \quad c)$$

Man findet in gleicher Weise

$$s_1 = \frac{E_1 r_2 - r (E_2 - E_1)}{r r_1 + r r_2 + r_1 r_2}$$

Wenn $E_1 = E_2$ ist, so sind die Intensitäten s_1 und s_2 positiv für alle Werthe von r. Wenn also die elektromotorischen Kräfte beider Maschinen gleich gross sind, kann es niemals geschehen, dass einer der Generatoren durch einen Strom durchlaufen wird, der seiner eigenen elektromotorischen Kraft entgegengesetzt gerichtet ist, welches auch immer der Widerstand der Lampe sein mag.

Für $r = \infty$, d. h. die ausgelöschte Lampe, wird $s_1 = s_2 = 0$. Es circulirt also in keinem der Schliessungskreise ein Strom.

Sind hingegen die elektromotorischen Kräfte der beiden mit einander verbundenen Maschinen ungleich, z. B. $E_1 > E_2$, so behält, wie Gleichung c) zeigt, s_2 so lange dieselbe Richtung als $E_2 r_1 > r e$ (für $e = E_1 - E_2$).

Wird also die Differenz e der elektromotorischen Kräfte der mit einander verbundenen Maschinen unverändert erhalten, so hängt die Richtung des Stromes s_2 vom Widerstande r der Lampe ab. Wird die Entfernung beider Kohlenspitzen von einander so gross, dass $r e > r_1 E_2$, so wird s_2 negativ und der Generator II ist von einem Strome durchflossen, dessen Richtung der eigenen elektromotorischen Kraft entgegengesetzt gerichtet ist.

Die Grenze, welche r nicht überschreiten darf, ohne die Umkehr des Stromes zu bewirken, ist gegeben durch

$$\frac{r_1}{r} = \frac{E_1 - E_2}{E_2}$$

So lange der Widerstand der Lampe kleiner bleibt als der Werth, welcher aus dieser Gleichung für r resultirt, ist die Maschine II von einem positiven Strome durchlaufen, wächst r soweit, dass es diesem Werthe gleich ist, so ist die Maschine II stromlos, überschreitet r diese Grenze, so geht durch II ein umgekehrter Strom.

Die Gleichung c) kann auch so geschrieben werden:

$$s_1 = \frac{\frac{r_1 E_2}{r} - (E_1 - E_2)}{r_1 + r_2 + \frac{r_1 r_2}{r}}.$$

Für $r = \infty$, also Auslöschen der Lampe, wird

$$s_2 = -\frac{E_1 - E_2}{r_1 + r_2} = -\frac{e}{r_1 + r_2}$$

und wenn in Folge der Umkehrung der Pole in $II\, E_2$ in $-E_2$ übergeht, so hat man:

$$s_2 = \frac{E_1 + E_2}{r_1 + r_2} \qquad f)$$

Daraus resultirt, dass s_2 und s_1 im selben Sinne verlaufen und dass der ganze Stromkreis von einem einzigen Strome der Intensität nach Gleichung (f) durchflossen wird.

Da man zwei Maschinen von ganz gleicher elektromotorischer Kraft nicht construiren kann, so werden immer Störungen von grösserer oder geringerer Intensität eintreten, wenn man zwei Maschinen auf Quantität im selben Stromkreise verbindet.

Diesem Uebelstande hat nun Gramme in einfacher Weise abgeholfen. Bei allen Maschinen, welche zur Schaltung auf Quantität verwendet werden sollen, sind sämmtliche Windungen der Elektromagnete nur mit einer Bürste verbunden, während die zweite Bürste mit der Polklemme kurz verbunden ist; überdies steht die ersterwähnte Bürste auch noch mit der zweiten Polklemme durch einen kurzen Draht in Verbindung. Sollen nun zwei derartige Maschinen in einen Stromkreis geschaltet werden, so verbindet man die Bürsten, von welchen aus die Leitungen zu den Elektromagneten gehen, durch einen kurzen Draht xy (Fig. 2 und 3) unter einander.

Wird bei dieser Anordnung z. B. der Strom der Maschine I so kräftig, dass er nach II übergehen soll, so muss er sich zwischen B_1 und B_2 im umgekehrten Verhältnisse der Widerstände in den Zweigleitungen E_1, E_2 und xy vertheilen; da aber der

Widerstand der Magnetisirungsspiralen weitaus grösser ist als jener von xy, so wird der ersterwähnte Zweig auch unter den ungünstigsten Umständen nur von einem Strome minimaler Stärke durchflossen sein, der niemals im Stande ist, die Polarität der Magnete umzukehren; die Ausgleichung der entgegengesetzten elektromotorischen Kräfte wird vielmehr im Stücke xy erfolgen. Dieses ist stromlos, wenn die elektromotorischen Kräfte beider Maschinen gleich gross sind.

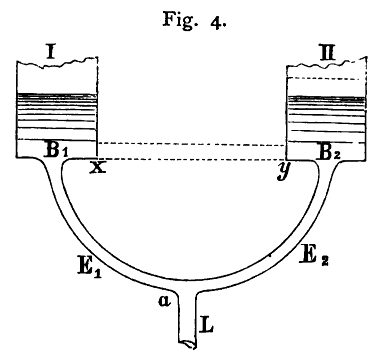
Nachstehende von Burstyn angegebene Vergleichung dieser Verhältnisse mit ähnlichen in der Hydraulik möge obige Betrachtungen anschaulicher gestalten.

Denkt man sich die elektrischen Druckdifferenzen an den Bürsten der beiden Maschinen durch Flüssigkeitsdruck, der constant erhalten wird, repräsentirt und die Leitungen durch entsprechende Röhren ersetzt, wie dies in Figur 4 dargestellt ist, wo auch eine den früheren Figuren analoge Bezeichnung eingeführt erscheint, so wird sehr leicht folgendes klar:

So lange der hydrostatische Druck in I und II gleich gross ist, wird Flüssigkeit aus beiden Gefässen mit einer dem Rohrwiderstande entsprechenden Geschwindigkeit durch L abfliessen, und, so gross auch der Widerstand in L werden mag, nie wird Flüssigkeit von I nach II oder umgekehrt durch die Röhrenleitung E_1 oder E_2 fliessen, vorausgesetzt natürlich, dass der Widerstand in den Röhren E_1 und E_2 nicht sehr verschieden ist. Wenn die Röhre L keinen Abfluss gestattet, so hört in diesem Falle überhaupt jede Bewegung von Flüssigkeit im Systeme auf.

Ist aber in II z. B. der Druck grösser als in I, so wird, wenn die Leitung L geringen Widerstand bietet, auch jetzt Flüssigkeit aus beiden Reservoirs wohl mit verschiedener Geschwindigkeit nach L fliessen und dort abströmen, ohne dass ein Uebersteigen derselben nach I eintritt. Sobald aber der Widerstand in L so gross wird, dass ein Ausgleich des Ueberdruckes nicht rasch genug erfolgen kann, so muss Flüssigkeit

Fig. 4.



von II nach I durch E_1 fliessen. Vollends muss dies eintreten, wenn die Röhre L keinen Abfluss gestattet (die Leitung in der Lampe unterbrochen wird). Dann findet der ganze Ausgleich auf dem Wege $E_2 E_1$ statt, und es wird durch E_1 Flüssigkeit in einer dem in I thätigen Drucke entgegengesetzten Richtung mit einer Geschwindigkeit fliessen, welche der Druckdifferenz in beiden Gefässen entspricht (Vergl. Satz 1). Dem Umpolarisiren der Maschine I würde eine Umwandlung des Druckes im Gefässe I in einen gleich grossen negativen Druck entsprechen. In diesem Falle wird, wenn L keinen Abfluss gestattet, Flüssigkeit von I

nach II mit einer Geschwindigkeit fliessen, welche der Summe der Drucke in I und II entspricht (Vergl. Satz 2).

Werden aber beide Gefässe auch noch durch das weite Rohr $x\,y$ mit einander verbunden, so wird der Ausgleich der Drucke hauptsächlich auf diesem Wege erfolgen, und die Möglichkeit gar nicht eintreten, dass Flüssigkeit von einem Gefässe zum anderen auf dem Wege $E_2\,E_1$ übergehe.

Die Nichtbeachtung der eben erläuterten Verhältnisse hat sich auch in der That schon durch sehr üble Resultate bei der Edison'schen Central-Beleuchtungsstation in New-York gerächt. Edison selbst schildert die Vorgänge in nachstehender Weise:*) »Als zwei der grossen Dynamomaschinen zum ersten Male gleichzeitig den Strom in die Hauptleitung (für etwa 2000 Lampen) schicken sollten, zeigte sich, dass es unmöglich war, einen gleichmässigen Gang zu erhalten, denn sobald die eine Maschine weniger Umdrehungen machte als die andere, ging der ganze Strom in die langsamer rotirende und diese wurde gewissermassen zum Elektromotor; beim ersten Versuch war die Erscheinung geradezu verblüffend**) und hätte leicht zu Unheil führen können. Als die zweite Maschine in Action gesetzt wurde, gab zuerst die eine, dann die andere blitzartige Funken und es wurde abwechselnd die eine durch die andere getrieben. Einer der anwesenden Ingenieure sperrte den Dampf zu dem einen Motor ab, und trotzdem lief die Maschine mit der-

*) Uppenborn, »Centralblatt f. Elektrotechnik«. Bd. V. S. 48.

**) Bei Kenntniss obiger Abhandlung wäre die Verblüffung nicht so gross gewesen.

selben Geschwindigkeit als zuvor. Kreidebleich kam er zu mir gelaufen und fragte, was zu thun sei. In der nächsten Minute waren etwa 8 Pfund Kupfer durch den Strom abgeschmolzen und theilweise zu Dampf verflüchtigt. Wären die 6 projectirten Maschinen in Betrieb gewesen — ich weiss nicht, was passirt wäre. Allein ich erkannte bald, was die Ursache war: die ungleiche Geschwindigkeit, mit der die Maschinen rotirten! Es mussten daher die Regulatoren aller Maschinen so mit einander verbunden werden, dass sie vollständig gleiche Umdrehung besassen. Diese Abänderung erforderte jedoch zu ihrer Ausführung einen Monat, und da viele unserer Abonnenten kein Gas mehr brannten, so mussten wir, so gut es ging, weiter arbeiten. Die provisorische Einrichtung ist jedoch beendet und die Vorkehrungen functioniren zur vollen Zufriedenheit, die Schwierigkeiten sind jetzt überwunden.«

III.
Regulirung der Stromstärke im Schliessungskreise elektrischer Lampen.

Die Regulirung der Stromstärke ist für Lampen und Maschinen gleich wichtig, da ein zu starkes Anwachsen für beide gefährlich werden kann. Wie bekannt, ist die Stromstärke in einem Schliessungskreise dem Widerstande derselben umgekehrt proportional; nimmt also dieser plötzlich ab, was durch Verlöschen einer

oder mehrerer Lampen geschehen kann, so wächst jene in demselben Masse. Ein solches Anwachsen der Stromstärke kann aber, abgesehen von dem stets damit verbundenen Wechseln der Lichtintensität der in Thätigkeit bleibenden Lampen, auch den Isolirungen in der Lichtmaschine und in den Lampen sehr gefährlich werden. Nimmt jedoch der Widerstand im Schliessungskreise zu (durch Anzünden neuer Lampen), so nimmt die Stromstärke ab und übt abermals einen sehr merklichen Einfluss auf die Lampen.

Um diese Uebelstände zu vermeiden, wurden verschiedene Wege eingeschlagen. Am nächsten lag es wohl, in jeder Lampe eine Vorrichtung anzubringen, durch welche beim Erlöschen derselben selbstthätig sich ein Widerstand einschaltet, der gleich dem des erlöschten Voltabogens ist. Eine nähere Betrachtung der hier herrschenden Verhältnisse lehrt jedoch, dass dies allein nicht zum Ziele führt. Nicht nur, dass mit Einschaltung derartiger Widerstände Strom, also Arbeit, verloren geht, ist auch auf die elektromotorische Gegenkraft des Voltabogens keine Rücksicht genommen. Zur Compensirung der letzteren mussten also ebenfalls Widerstände, und wie nachstehende Rechnung zeigt, Widerstände von veränderlicher Grösse eingeschaltet werden. Es bezeichne J die Stromstärke, E die elektromotorische Kraft der Lichtmaschine, e die elektromotorische Gegenkraft einer Lampe, W den Widerstand des Stromkreises ohne Lampen, w den Widerstand einer Lampe und n die Zahl der Lampen, so ist

$$J = \frac{E - ne}{W + n}$$

und nach dem durch Widerstände compensirten Auslöschen einer Lampe

$$J = \frac{E - (n-1)e}{W + nw + x} \text{ oder } x = \frac{E - (n-1)e}{J} - W - nw,$$

wobei x den für die elektromotorische Gegenkraft einzuschaltenden Widerstand bezeichnet. Für das Erlöschen aller Lampen erhält man

$$J = \frac{E}{W + nw + nx} \text{ oder } x = \frac{E}{nJ} - \frac{W}{n} - w$$

Die Schwankungen in der Stromstärke treten besonders störend bei dynamoelektrischen Lichtmaschinen auf, deren inducirende Magnete im Hauptstromkreise (Lampenkreise) liegen. Das Anzünden oder Auslöschen der Lampen, also die Vermehrung oder die Verminderung des Widerstandes im Lampenkreise, ist in diesem Falle auch eine Vermehrung oder Verminderung des Widerstandes in den inducirenden Magneten, wird daher die Stromstärke in diesen gerade dann schwächen, wenn wegen Vermehrung der brennenden Lampen die Induction verstärkt werden soll, und umgekehrt. Wheatstone schlug daher vor, die Elektromagnete nicht in den Hauptstromkreis, sondern in einen Nebenschluss zu demselben zu legen. Im Hauptstromkreise befinden sich dann die Armatur der Lichtmaschine und die Lampen. Bei dieser Schaltung regulirt sich die Stromstärke folgendermassen: Werden im Hauptstromkreise alle Lampen ausgeschaltet, so ist der Widerstand in demselben sehr klein im Verhältnisse zu dem des Nebenschlusses; es wird daher im Nebenschlusse nur ein sehr schwacher Strom circuliren, die inducirenden Magnete werden deshalb sehr geschwächt werden und deshalb

auch der Strom im Hauptstromkreise rasch abnehmen. Zündet man hingegen eine oder mehrere Lampen an, so wird dadurch der Widerstand im Hauptstromkreise vergrössert und deshalb ein grösserer Antheil des Stromes in den Nebenschluss geschickt; die Kraft der Magnete wächst und somit auch die Stromstärke im Lampenkreise. Diese Methode der Stromregulirung wurde von Siemens und Anderen mit sehr gutem Erfolge durchgeführt.

Eine gewisse Unabhängigkeit der Intensität des magnetischen Feldes vom äusseren oder Lampenkreise erreicht auch Brush dadurch, dass er bei einigen seiner Maschinen die Elektromagnete ausser mit den gewöhnlichen Windungen auch noch mit Windungen eines dünnen Drahtes versieht, dessen Enden mit den Collectorbürsten verbunden sind.

Marcel Deprez *) erreicht die Stromregulirung gleichzeitig mit der Stromtheilung.

Er fasst die Stromtheilung derart auf, dass er bei der Einschaltung mehrerer gleicher oder verschiedener Apparate in einen Stromkreis eine solche Theilung des Stromes fordert, dass 1. jeder Apparat den ihm nothwendigen Theil bekommt und unabhängig von den anderen Apparaten (oder Lampen) functionirt, 2. dass die zur Erreichung dieses Zweckes nothwendige Regulirung selbstthätig und unmittelbar nur durch die Maschine ohne Zuhilfenahme irgend welcher Ueberwachungs- oder Regulirungsmittel erfolge, und 3. dass die Regulirung derart sei, dass die Maschine nie mehr, sondern

*) Transport et distribution de l'énergie par l'électricité: »La lumière électrique.« III. année Nr. 71.

immer nur so viel Strom producirt, als für den Betrieb der in den Stromkreis jeweilig eingeschalteten Apparate nöthig ist.

Darnach muss also die Totalmenge der zu erzeugenden elektrischen Energie stets veränderlich sein. Sie ist bekanntlich gegeben durch den Ausdruck $E\ I$, wobei E die elektromotorische Kraft und I die Stromintensität angiebt. Die Aenderung der Gesammtenergie kann durch Veränderung von E, durch Veränderung von I oder endlich durch Veränderung von E und I bewirkt werden. Deprez zieht nur die beiden ersten Fälle in Betracht.

Die Veränderung von E bei Constanterhaltung von I führt zur Hintereinanderschaltung (Schaltung auf Spannung) der in einem Stromkreise zu betreibenden Apparate, während die Veränderung von I bei constantem E Nebeneinander- oder Parallelschaltung erfordert.

Ein Gleichniss möge dies deutlicher machen. Es sei die Kraft eines Wasserfalles auszunützen durch Verwendung mehrerer hydraulischer Motoren; diese könnte man dann entweder übereinander oder nebeneinander anordnen. Im ersteren Falle würde jeder Motor zwar dieselbe Wassermenge erhalten, aber nur einen Theil der Fallhöhe des Wassers ausnützen, und wollte man noch einen oder mehrere Motoren in derselben Art treiben lassen, müsste die Höhe des Wasserfalles vergrössert werden. Diese Anordnung der Motoren kann uns die Schaltung auf Spannung verdeutlichen. Im zweiten Falle stehen die Motoren nebeneinander, jeder nützt die gleiche Fallhöhe aus, empfängt aber

nur einen Theil der Wassermenge. Will man hier die Zahl der in derselben Weise betriebenen Motoren vermehren, so muss die Wassermenge des Falles vergrössert werden. Diese Anordnung kann demnach die Parallelschaltung oder die Schaltung auf Quantität versinnlichen.

Deprez hat dieses Princip der Stromregulirung in nachstehender Weise realisirt: Er versieht die Elektromagnete der Lichtmaschine mit zwei getrennten Stromkreisen in parallel nebeneinander laufenden Windungen, die so geschaltet sind, dass die Ströme in beiden Windungen dieselbe Richtung haben, sich also in ihren magnetisirenden Wirkungen addiren. Der eine Stromkreis wird von einem constanten Strome durchflossen, welchen eine von der Lichtmaschine unabhängige Elektricitätsquelle, also vielleicht eine kleine Erregermaschine, liefert; im zweiten Stromkreise fliesst der ganze Strom, den die Lichtmaschine selbst producirt, und welcher im Lampenkreise benützt wird, wenn man die Lampen parallel schaltet, es fliesst aber nur ein Zweigstrom hindurch, wenn die Lampen hintereinander geschaltet werden.

Betrachten wir zunächst die Wirkungsweise dieser Anordnung für die Parallelschaltung. Es wirken in der Lichtmaschine stets zwei elektromotorische Kräfte; eine unveränderliche, erzeugt von der selbstständigen Erregermaschine und entsprechend dem gleichfalls unveränderlichen inneren Widerstande der Lichtmaschine; eine veränderliche, erzeugt von der Lichtmaschine selbst. Ist eine bestimmte Anzahl n von Lampen in den Stromkreis eingeschaltet, so wird in diesem ein bestimmter,

der Lampenzahl entsprechender Widerstand und demzufolge eine entsprechende Stromstärke herrschen. Wird nun eine Lampe ausgelöscht, so hat der Strom nur $n-1$ Weg, parallel nebeneinander, für seinen Durchgang, findet daher einen grösseren Gesammtwiderstand; da aber die Stromstärke umgekehrt proportional dem Widerstande ist, muss die Stromstärke dementsprechend abnehmen. Das Umgekehrte findet statt, wenn man zu den n Lampen noch eine zufügt; dann hat der Strom $n+1$ Weg offen, findet daher weniger Widerstand und wird deshalb stärker werden.

Sind die n Lampen hintereinander geschaltet, so fliesst durch den einen Stromkreis der Elektromagnete wieder der Strom von constanter Stärke, welchen die Erregermaschine liefert; durch den zweiten Stromkreis, der einen Nebenschluss zum Stromkreise der Lichtmaschine und der Lampen bildet, ein Zweigstrom in einer Stärke, die dem Widerstande in diesem Zweigstrome umgekehrt proportional ist. Fügt man bei dieser Schaltung den n Lampen noch eine hinzu, so nimmt der Widerstand im Lampenstromkreise zu, weil der Strom dann $n+1$ Lampe nacheinander zu durchlaufen hat. Die Zunahme des Widerstandes im Hauptstromkreise bedingt aber eine Zunahme der Stromstärke in der Nebenschliessung (der zweiten Elektromagnetwicklung), da deren Widerstand unverändert geblieben ist. Dadurch werden aber auch die Elektromagnete kräftiger, also der Strom der Lichtmaschine verstärkt.

In ähnlicher Weise nimmt die Stromstärke im Lampenkreise ab, wenn die Zahl der Lampen vermindert wird.

In solcher Art regulirt sich die Stromstärke durch die Lichtmaschine selbst, ohne Zuhilfenahme irgend welcher mechanischer Vorrichtungen.*)

Die von Avenarius angegebene Art der Stromtheilung, respective Regulirung, dürfte, so sehr sie auch vom theoretischen Standpunkte interessiren möge, praktisch ohne Belang sein, da durch sie die Erzeugung des elektrischen Lichtes sehr vertheuert würde. Sie ist in Wiedemann's Beiblättern zu den Annalen der Physik und Chemie, 1882, S. 126 ausführlich behandelt.

Für die Regulirung der Stromstärke mit Hilfe besonderer Regulirungsvorrichtungen wurden bereits ziemlich viele Apparate und Stromführungen in der Maschine und ausserhalb derselben angegeben, und ebenso Apparate, welche direct auf den Gang des die Lichtmaschine treibenden Motors einwirken. Wir nennen hier nur folgende Namen: Napoli,**) Latchinoff,***) Westinghouse, Maxim, Lane-Fox, Edison, Siemens, Hospitalier†) und Gravier.††)

Maxim regulirt die Stromstärke durch Verstellung der Contactbürsten am Collector der Licht-

---

*) Fröhlich sucht zwar dieser Art der Stromregulirung sowie auch der von Deprez gegebenen Theorie der Dynamomaschine verschiedene Mängel nachzuweisen, aber für die Praxis scheinen letztere keine Wichtigkeit zu besitzen. (Elektrotechnische Zeitschrift, III. S. 69 und 113.)

**) Uppenborn, Zeitschrift für angewandte Elektricitätslehre. II. p. 457.

***) Uppenborn, Zeitschrift für angewandte Elektricitätslehre. III. S. 408.

†) L'électricien, T. II. p. 11.

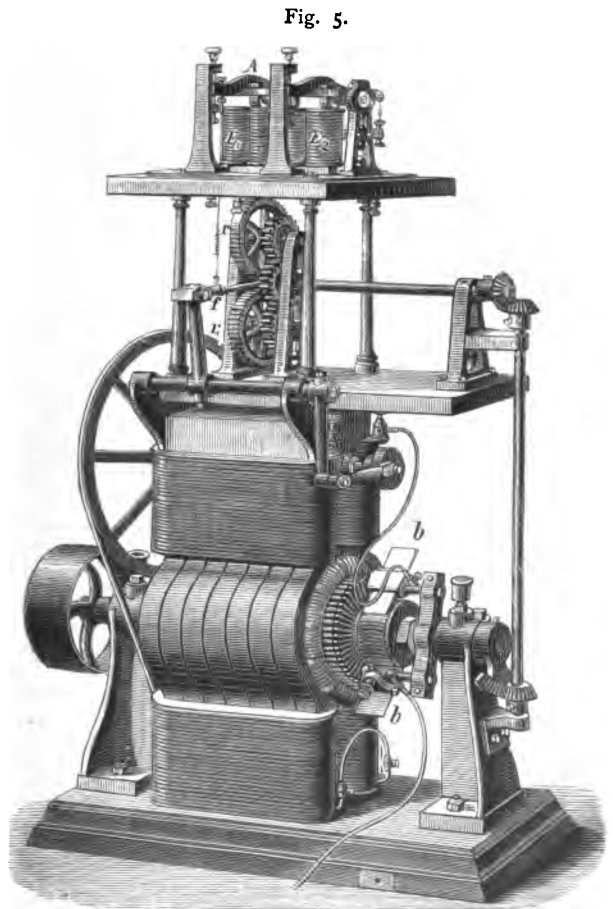
††) Alglave et Boulard, La lumière électrique, p. 349.

maschine. Bekanntlich giebt es für die Bürsten zwei Grenzstellungen, für deren eine das Maximum der Stromstärke, für deren zweite das Minimum derselben im Stromkreise erhalten wird; bei der letzteren stehen die Bürsten in der sogenannten neutralen Linie. Man hat also in der Bewegung der Bürsten von oder zu dieser Linie ein Mittel, um auf die Stromstärke einer dynamoelektrischen Maschine einzuwirken.

Fig. 5 zeigt die Ausführung dieser Idee. Ein auf der Maschine angebrachter Elektromagnet E_1 von grossem Widerstande ist in den Hauptstrom eingeschaltet, und zieht mit einer Kraft, welche sich nach der Stärke des Stromes richtet, den Anker A an; an diesem ist ein Sperrkegel f mit zwei einander entgegengesetzt (nach oben und unten) gerichteten Zähnen aufgehängt, welcher von der Axe der Maschine durch eine Transmission eine hin- und hergehende Bewegung erhält. Dieser Sperrkegel bewegt sich zwischen zwei Zahnrädern r und r_1, ohne diese zu berühren, so lange der Strom, welcher durch den Magnet geht, seine normale Stärke besitzt. Wird der Strom durch das Anzünden neuer Lampen geschwächt, so hebt sich der Anker, da er vom Elektromagnete nicht mehr so stark angezogen und durch entgegenwirkende Kraft, z. B. eine Feder, sogar abgezogen wird; mit ihm geht auch der Sperrkegel aufwärts, der jetzt mit seinem oberen Zahne in die Zähne des Rades r eingreift und dieses bei je einem Hin- und Hergange um einen Zahn weiter dreht. Durch einige Zwischenräder wird diese Drehung auf die Bürsten b b übertragen, wodurch diese ihre bisherige Stellung verlassen und hiermit den Strom

verstärken. Die entgegengesetzte Bewegung und daher

Fig. 5.



auch Wirkung tritt ein, wenn der Strom durch das Auslöschen mehrerer Lampen zu stark geworden ist.

Ein zweiter Elektromagnet E_2 spielt die Rolle eines Sicherheitsventiles. Die Spannung der Feder oder sonstigen Hemmung, welche der Anziehung des Ankers durch diesen Magnet entgegenwirkt, ist so regulirt, dass sie nur durch ein aussergewöhnliches Anwachsen des Stromes im Elektromagnete überwunden wird. In diesem Falle gelangt die Verlängerung des Ankers an einen Platincontact, wodurch die Inductionsspulen der Maschine in den Stromkreis eingeschaltet werden und durch ihren Widerstand den Strom derart schwächen, dass eine Beschädigung der Lampen unmöglich ist.

Einen zweiten von Maxim construirten Regulator stellt Fig. 6 dar. Uppenborn beschreibt ihn in der Zeitschrift für angewandte Elektricitätslehre folgendermassen:

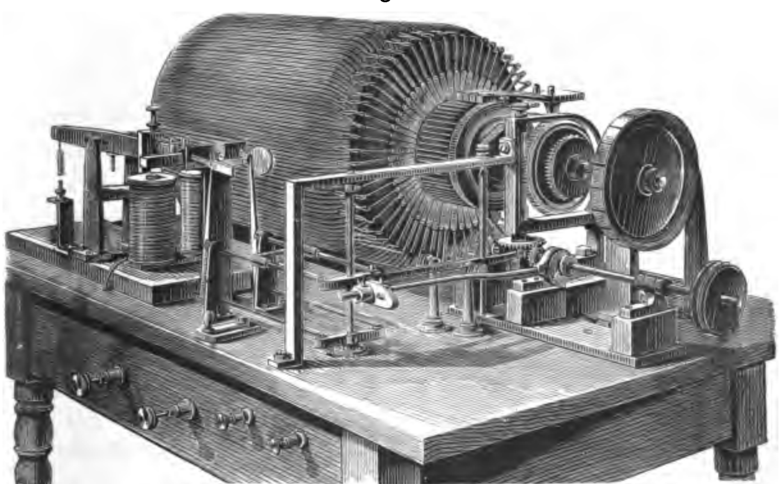
Der Regulator besteht aus einem grossen drehbaren Rheostaten mit 60 Widerstandsrollen, welcher einem Gramme'schen Ringe sehr gleicht. Der Rheostat ist auf einer Axe festgemacht, durch welche der Strom hineingeführt wird. Die Stromabführung geschieht durch einen Stromabgeber nebst Bürste. Je mehr man daher den Regulator dreht, desto mehr Spulen sind in den Stromkreis eingeschaltet. Der Regulator liegt übrigens nicht im Hauptstromkreise, sondern vielmehr im Stromkreise des Magneterregers und ist zunächst für Incandescenzlampen bestimmt.

Der auf der Zeichnung sichtbare Magnet ist mit dünnem Draht bewickelt und dient zur Controlirung der Potentialdifferenz der beiden Hauptdrähte des Lampensystemes. Ueber dem Elektromagneten ist ein Anker äquilibrirt aufgehängt. Vor dem Anker ist ein

Stahlblech mit zwei Löchern befestigt, durch die zwei Stifte hindurchgehen. Die letzteren werden durch einen in der Abbildung leicht zu erkennenden Mechanismus mittelst eines Excenters hin und her bewegt. Die Welle des Excenters wird durch einen Schnurlauf angetrieben.

Ist der Anker oben, so wird das eine, ist er unten, so wird das andere Loch verschlossen. Hierdurch wird

Fig. 6.



ein konischer Eingriff entweder nach der einen oder anderen Seite verschoben, und hierdurch der Rheostat in der einen oder der anderen Richtung umgedreht. Die Schraube ohne Ende, welche die Bewegung vermittelt, kann auch mit der Hand gedreht werden.

Das Spiel des Apparates ist hiernach leicht zu verstehen. Nimmt die Potentialdifferenz der beiden Hauptdrähte über ein bestimmtes Mass zu, so wird der

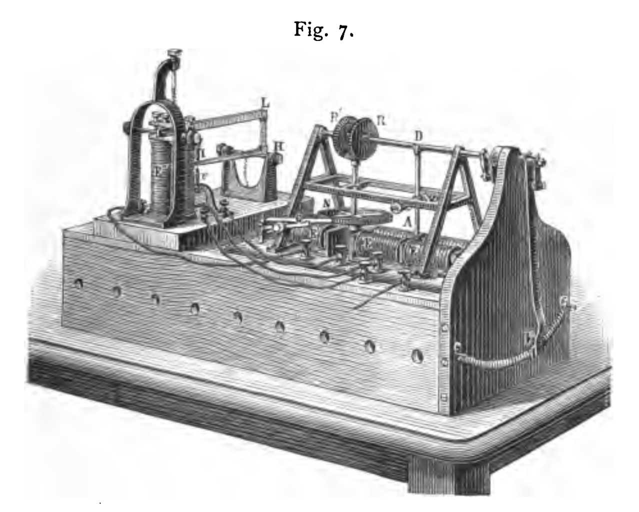
Anker nach unten gezogen und der Rheostat auf höheren Widerstand gedreht. Der Erregerstrom nimmt dann ab und die Potentialdifferenz sinkt wieder auf den normalen Werth. Alsdann lässt der Elektromagnet den Anker los und die Bewegung des Rheostaten hört auf. Nimmt die Potentialdifferenz ab, so findet das Umgekehrte statt.

Dieser automatische Stromregulator lässt sich natürlich auch für andere Schaltungen und Zwecke nutzbar machen. Wird der Elektromagnet mit dickem Draht bewickelt und in den Hauptstromkreis eingeschaltet, so kann man damit auf constante Stromstärke reguliren, worauf es zum Beispiele bei hintereinander geschalteten Lampen etc. ankommt.

Der Regulator von Lane-Fox ist in Figur 7 abgebildet. In eine Abzweigung des Lampenstromes ist ein Apparat *HE''* nach Art der Doppel-Relais eingeschaltet, kann also zweierlei Contacte schliessen, je nachdem der Anker angezogen wird oder nicht. Mit jedem dieser Contacte steht ein Elektromagnet *E'* in Verbindung, deren beide auf einen gemeinschaftlichen Anker *A* wirken. Der Anker wird daher nach der einen Seite sich bewegen, wenn der eine Magnet durch das Relais in Thätigkeit gesetzt wird, nach der anderen Seite, wenn der andere Magnet in Action tritt. Mit diesem Hin- oder Herbewegen des Ankers wird aber auch eine horizontale Welle ihrer Längsrichtung nach in dem einen oder anderen Sinne verschoben. Diese Welle trägt nun einerseits zwei gegen einander gerichtete verticale Zahnräder *R R'*, und andererseits einen Schleifhebel *F*. Zwischen beiden Zahnrädern dreht sich ein Triebrad und mittelst dessen ein drittes horizontales

Zahnrad N; es ist begreiflich, dass, wenn durch das Verschieben der horizontalen Welle ein Mal das eine und ein nächstes Mal das andere entgegengesetzt gestellte verticale Zahnrad zum Eingriff gebracht wird, die Welle das erste Mal in der einen, das zweite Mal in der entgegengesetzten Richtung gedreht werden muss. Mit ihr dreht sich nun auch der Schleifhebel, und kommt so mit einer Reihe von im Kreise angebrachten Con-

Fig. 7.



tacten *c c* in Berührung; jeder Contact steht mit einer Widerstandsrolle in Verbindung und schaltet diese, sobald er mit dem Hebel in Berührung kommt, in den Stromkreis ein.

Die Contacte sind so angeordnet, dass bei einer Drehung des Hebels in einem Sinne immer grössere Widerstände folgen, bei der entgegengesetzten Richtung immer kleinere.

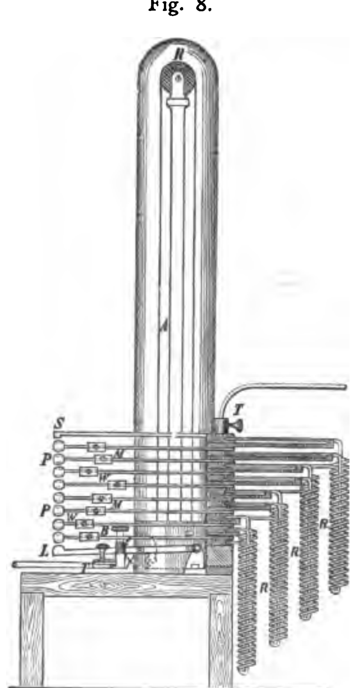
Lane-Fox hat auch einen Regulator (unter Benützung eines Elektrodynamometers) construirt, der direct auf das Drosselventil der Dampfmaschine wirkt, welche die Lichtmaschine zu bewegen hat. Die Construction desselben ist in der elektrotechnischen Zeitschrift Bd. III, S. 482 durch eine Skizze und deren Beschreibung angedeutet.

William Siemens (in London) basirte die Construction seines Stromregulators auf das Joule'sche Gesetz. Ein sehr dünner Streifen *A* (Fig. 8) aus Metall ist mit einem Ende an die Schraube *B* befestigt, die zur Regulirung der Spannung des Streifens dient; dieser steigt dann in der Glasröhre empor, läuft über die Rolle *R*, kommt wieder herab und ist mit seinem zweiten Ende an einem Hebel befestigt, der an seiner Axe den Contactarm *L* sitzen hat. Die Lage dieses Armes ist also von der Länge des Streifens *A* abhängig. Ueber diesem Contactarme sind noch eine Reihe von Armen *M* angeordnet, die an ihren freien Enden die Contactprismen *P* tragen; die Entfernung der letzteren von einander wird durch die Stellung der verschiebbaren Gewichte *W* geregelt. Die anderen Enden der Contactarme sind in Verbindung mit den Widerstandsspiralen *R* aus Neusilberdraht. Die gleichfalls mit einem Contactprisma versehene Feder *S* ist mit der Polklemme *T* in leitender Verbindung.

Geht nun durch den Streifen *A* ein elektrischer Strom, so erwärmt er jenen proportional dem Quadrate der Stromstärke und der Streifen verlängert sich; dadurch sinkt der Hebel *L* und nach ihm successive die Hebel *M*, wodurch ihre Contactprismen ausser Be-

rührung kommen (welches Stadium in der Figur gezeichnet ist) und die Widerstände R nach und nach einschalten. Nimmt der Strom hingegen ab, so kühlt der Streifen A aus, zieht sich zusammen und hebt den

Fig. 8.



Hebel L; dieser bringt dann die Prismen P zum Contact und schaltet dadurch die entsprechenden Widerstände R aus.

Sind alle Prismen in Contact, so geht der Strom von der Klemme T gleich zum Hebel L.

Um die Wärmeausstrahlung des Streifens von der Umgebung unabhängig zu machen, ist ersterer mit einer Glasröhre umgeben und der ganze Apparat wird in einem Zimmer von mittlerer Temperatur (20° C.) aufgestellt. Unter solchen Umständen und bei niedrigen Temperaturen wächst die Ausstrahlung im arithmetischen Verhältnisse mit der Temperatur des Streifens; dessen Verlängerung ist aber proportional der Temperatur oder dem Quadrate der Stromstärke; weshalb der Apparat sehr empfindlich ist.

Bei einer anderen Anordnung lässt Siemens einen vom Strome durchflossenen Draht auf einen Winkelhebel wirken, dessen einer Schenkel auf eine aus Kohlenscheiben aufgebaute Säule wirkt. Bei schwachem Strome verkürzt sich der Draht und presst die Kohlenscheiben an einander, wodurch der Widerstand der Säule verringert wird, während ein kräftiger Strom den Draht stark erwärmt und ausdehnt, wodurch der Druck auf die Kohlenscheiben nachlässt; diese berühren sich dann nur lose und der Widerstand der Säule ist ein grösserer geworden.

Westinghouse *) regulirt die Stromstärke durch directe Einwirkung auf die zum Betriebe der Lichtmaschine angewandte Dampfmaschine. Der Arbeitsstrom (Lampenstrom) wird durch ein Solenoid geleitet, dessen Eisenkern bei normaler Stromstärke eine bestimmte Mittellage einnimmt. Nimmt die Stromstärke zu oder ab, so geht der Eisenkern über seine Mittelstellung hinaus oder hinter dieselbe zurück, wobei er

*) A. Merling, Die elektrische Beleuchtung, S. 425.

in beiden Fällen ein Ventil öffnet. Hierdurch wird bewirkt, dass Wasser oder Dampf in einen Cylinder eintreten kann, in welchem sich ein verschiebbarer Kolben befindet; dieser wirkt durch eine Stange auf das Ventil der Dampfmaschine, und regulirt durch seine grössere oder geringere Hin- oder Herbewegung die Dampfzuströmung und somit auch die Arbeit des Motors.

Edison installirt seine Glühlichtlampen unter Anwendung der Parallelschaltung. Um bei dieser Anordnung die Totalmenge der erzeugten elektrischen Energie dem jeweiligen Bedürfnisse entsprechend zu reguliren, muss, wenn wir uns der bei der Stromregulirung nach Deprez angestellten Betrachtungen erinnern, die elektromotorische Kraft constant erhalten und die Intensität variirt werden. Edison erreicht dies durch Veränderung der Intensität des magnetischen Feldes, in welchem der Anker rotirt. Zu diesem Zwecke sind die Drahtwindungen der Elektromagnete und eine Reihe von Widerstandsspiralen in einen Nebenschluss zum Lampenstromkreise geschaltet. Die grössere oder geringere Zahl der in diesen Stromkreis einbezogenen Widerstandsspiralen verkleinert oder vergrössert die Stromstärke in den Drahtwindungen der inducirenden Elektromagnete und ändert somit auch dem entsprechend die Intensität des magnetischen Feldes. Die Regulirung erfolgt nicht automatisch, sondern eine eigens damit betraute Person besorgt die Ein- oder Ausschaltung der Widerstände.

Genauere Angaben sollen der besseren Uebersicht wegen bei den Schaltungen gemacht werden.

Schliesslich dürfen bei Besprechung der Stromregulatoren auch die Accumulatoren nicht unerwähnt bleiben. Ihre Vervollkommnung vorausgesetzt, werden sie vorzügliche Regulatoren abgeben, da durch Einschaltung derselben in den Arbeitsstromkreis die Lampen von der Lichtmaschine vollkommen unabhängig gemacht werden können. (Siehe »Elektro-technische Bibliothek« I. Band.)

IV.
Die Leitungen.

Von jeder Art Stromleitung fordert man ein Material von geringem specifischen Leitungswiderstande zu deren Anfertigung, einen entsprechenden Querschnitt, Vermeidung unnöthiger Längenausdehnung, sorgfältige Isolation, gute Verbindung der einzelnen Theile, eine stabile, übersichtliche Führung und eine geschützte Lage. Die ersten 3 Bedingungen müssen erfüllt werden, da sonst Stromverlust durch Umwandlung von Elektricität in Wärme eintritt. Die übrigen Bedingungen werden gestellt, um Stromverlust durch Ableitung zu vermeiden, die Leitung zu schützen und gefahrlos zu machen.

Als Material für die Leitungsdrähte wird gewöhnlich möglichst reines Kupfer genommen, da dieses von allen Metallen, die zur praktischen Verwendung in Betracht kommen können, das grösste Leitungsvermögen besitzt. Setzt man die Leitungsfähigkeit für das bestleitende Metall, das Silber, gleich 100, so erhält man

nach Matthiessen für Kupfer 77·43, für Zink 27·39 für Eisen 14·44, für Platin 10·53, für Quecksilber 1·63, für Neusilber 7·67 und für Gaskohle 0·0386.

Die Länge der Leitung muss sich natürlich nach der Art der Beleuchtungsanlage richten. Um erstere möglichst kurz zu erhalten, wird man, so weit es der gegebene Fall gestattet, stets bestrebt sein, die Lichtmaschine in geringer Entfernung von den Lampen aufzustellen.

Der Querschnitt der Leitungsdrähte ist nach deren Länge und nach der Stromstärke zu bemessen. Je grösser diese beiden werden, desto grösser ist auch der Querschnitt zu wählen, um dadurch den Widerstand in der Leitung zu vermindern. Der Widerstand für beliebige Längen und Durchmesser der Drähte wird nach der Formel $\frac{L\,S}{r^2\,\pi}$ berechnet, in welcher L die Länge des Drahtes, S dessen specifisches Leitungsvermögen und r den Halbmesser des Querschnittes bezeichnet. In nachstehender Tabelle sind für Drähte aus Kupfer, Eisen und Neusilber die Längen angegeben, die bei verschiedenen Querschnitten einen Widerstand von einer Siemens-Einheit *) besitzen. Hiernach entfallen auf die Siemens-Einheit:

*) Unter der Siemens-Einheit versteht man den Widerstand, welchen eine Quecksilbersäule von 1 Meter Länge und 1 Quadratmillimeter Querschnitt besitzt.

Für die Stärken:	Draht aus gutem Kupfer	Draht aus weichem Eisen	Draht aus Neusilber
	in Metern		
1 Mm. (Querschnittsverhältniss 1)	47	7·5	2·90
2 » (» 4)	188	30·0	11·60
3 » (» 9)	423	67·5	26·10
4 » (» 16)	752	120·0	46·40
5 » (» 25)	1175	187·5	72·50
6 » (» 36)	1692	270·0	104·40

Diese Angaben sind jedoch nur unter der Voraussetzung eines vollkommen homogenen Materials richtig; für die Praxis, wo man in der Regel mit ungleichförmigem Material zu thun hat, müssen stets Messungen vorgenommen werden. Auch ist hier auf die Kosten der Installation und auf die Verinteressirung des in der Anlage investirten Capitales Rücksicht zu nehmen. Je nach dem Preise des Leitungsmateriales, nach den Kosten der Arbeit wird für verschiedene Länder und Orte ein wechselnder Procentsatz des Verlustes an Strom in den Leitungen nicht nur statthaft, sondern auch rationell erscheinen. Eine auf diesen Grundlagen basirte Berechnung der Drahtstärken hat Sir William Thomson ausgeführt und veröffentlicht.*) Nach dieser werden die vortheilhaftesten Dimensionen elektrischer Leiter dadurch bestimmt, dass man die Zinsen des in Kupferdraht angelegten Capitales mit den jährlich durch Erwärmung der Drähte erwachsenden Kosten vergleicht; doch lassen wir Thomson selbst das Wort:

*) Uppenborn, Zeitschrift für angew. Elektricitäts-Lehre, IV., S. 88.

Wenn man den thatsächlichen Werth einer Arbeitsmenge, welche gleich ist einem ein Jahr lang continuirlich geleisteten Effect von einer Pferdekraft, auf 10 schätzt und die Möglichkeit zugesteht, dass dieser Preis sich je nach Umständen erheblich grösser oder kleiner stellen kann, so kann man leicht genau die Metallmenge bestimmen, welche für eine Leitung aufzuwenden ist, um einen Strom beliebiger Intensität zu leiten, beispielsweise für einen starken Volta'schen Bogen oder einen 10 Mal so starken Strom (240 Ampères), der, wie ich mir denke, ausreicht, um von den Niagarafällen 2100 Pferdekräfte 300 Meilen fortzuleiten.

Man kann demnach den Querschnitt des Leiters unter der Voraussetzung, dass der Preis der Arbeit sowie der Preis des Metalles bekannt ist, in nachstehender Weise berechnen. Es bezeichne A den Querschnitt des Leiters, s den specifischen Widerstand, bezogen auf das Volumen, und c die Stromstärke, so ist dann die in Wärme verwandelte, also verlorene Energiemenge per Secunde und per Cm. $= \frac{sc^2}{A}$ Ergs.*)

Sei p die Zeit, während welcher in einem Jahre der Strom durch die Leitungen geht; da jährlich 31·5 Millionen Secunden sind, so beträgt der jährliche Energieverlust

$$\frac{31{\cdot}5 \,.\, 10^6 psc^2}{A} \text{ Ergs.} \qquad (1$$

*) Das Erg ist hier als Arbeit von 1 Dyne-Centimeter aufzufassen.

Dieser Verlust kostet, wenn E der Preis des Erg ist:

$$\frac{31{\cdot}5 \,.\, 10^6 \, p s c^2 E}{A} \qquad (2$$

Wenn V der Preis des Metalles per Kubikcentimeter ist, so betragen die Zinsen des Werthes der Leitung mit 5⁰/₀ berechnet per Centimeter

$$\frac{VA}{20} \qquad (3$$

Folglich beträgt der Gesammtpreis jährlich unter Berücksichtigung der Zinsen des Metallwerthes und der Kosten des Verlustes

$$\frac{1}{20} VA + \frac{31{\cdot}5 \,.\, 10^6 \, p s c^2 E}{A} \qquad (4$$

Der Werth von A, für welchen dieser Ausdruck ein Minimum wird, ein Werth, der demjenigen gleich ist, für welchen beide Werthelemente gleich sind, ist der folgende:

$$A = \sqrt{\frac{31{\cdot}5 \,.\, 10^6 \, p s c^2 E}{\frac{V}{20}}}$$

oder

$$A = c \sqrt{\frac{63 \,.\, 10^7 \, p s E}{V}} \qquad (5$$

Rechnet man die Tonne guten Kupfers zu 70 £, so kostet ein Gramm 0·00007 £. Multiplicirt man diese Ziffer mit 8·9 (Dichtigkeit des Kupfers), so erhält man den Preis für den Kubikcentimeter zu

$$V = 0{\cdot}00062 \text{ £} \qquad (6$$

Andererseits findet man aus dem vorhin angenommenen Preise von 10 £, einer 365 Tage ununterbrochen geleisteten Pferdekraft, den Werth eines Erg zu

$$\frac{10\ £}{31{\cdot}5\,.\,10^6\,.\,74\,.\,10^8} = \frac{1}{23\,.\,10^{15}}\ £ \qquad (7$$

Nennen wir den Cours e per P. S. und per Jahr, so haben wir die Gleichung

$$E = \frac{e}{23\,.\,10^{15}}\ £ \qquad (8$$

Schliesslich haben wir für den specifischen Widerstand des Kupfers

$$s = 1640\,[CGS] \qquad (9$$

Aus den Gleichungen 8, 9 und 5 leitet sich ab:

$$A = c\sqrt{\frac{63\,.\,10^7\,.\,1640\,.\,p\,.\,e}{23\,.\,10^{15}\,.\,0{\cdot}00062}} = c\sqrt{\frac{p\,e}{13{\cdot}8}} \qquad (10$$

Setzen wir nun z. B. $p = 0{\cdot}5$ (dies entspricht einer elektrischen Arbeit in der Leitung von 12 Stunden täglich das ganze Jahr hindurch) und $e = 1$. Diese Bedingungen entsprechen der Versorgung von Städten mit Elektricität recht gut. Alsdann ist

$$A = c\sqrt{\frac{1}{27{\cdot}6}} = \frac{c}{5{\cdot}25} = 0{\cdot}19\,c,$$

d. h., dass der Querschnitt der Leitung in Quadratcentimeter ungefähr den fünften Theil der in Ampères ausgedrückten Stromstärke betragen muss. Man braucht daher für einen Lichtstrom von 21 Ampères eine Leitung von 0·4 Qu.-Cm. Querschnitt, oder bei rundem Draht von 7·1 Mm. Durchmesser.

Wenn man $e = \frac{1}{27{\cdot}6}$ setzt, was 1900 £ per Jahr entspricht, als dem Preise von 5250 P. S., und wenn man andererseits $p = 1$ setzt, d. h., wenn man annimmt, dass die Leitung Tag und Nacht zur Uebertragung von Arbeit benützt wird, so ist

$$A = \frac{c}{\sqrt{381}} = \frac{c}{19{\cdot}5}$$

unter der Annahme, dass $c = 240$, $A = 1{\cdot}24$, was einen Durchmesser von 1·26 Cm. ergiebt. Aber selbst bei dem Niagara ist es unwahrscheinlich, dass der Preis eines Erg niedriger sei, als $\frac{1}{280}$ des für England angenommenen Werthes, und es ist anzunehmen, dass der Durchmesser der Leitung bei guter Oekonomie mehr als 1·26 Cm. haben muss, wenn in ihm ein Strom von 240 Ampères circulirt.

Für die Isolirung der Leitungsdrähte eignet sich am besten Guttapercha, weniger gut isolirende Gewebe, ausser wenn letztere noch mit einer Guttaperchaschichte umgeben sind. H. Geoffroy schlägt vor, die Kupferdrähte mit Asbest zu isoliren und diesen durch eine Bleiumpressung an den Drähten festzuhalten. Asbest soll nicht nur vollkommen isoliren, sondern auch die Wärme so schlecht leiten, dass selbst bei einem Schmelzen der Kupferdrähte die Bleiumpressung nicht beschädigt wird; praktische Erfahrungen über diese Art der Isolirung liegen jedoch noch keine vor.

Zu Leitungen im Freien können blanke Kupferdrähte angewandt werden, wenn man diese an guten Isolatoren befestigt; auch soll dann der Draht etwa 0·6 Meter zu beiden Seiten des Isolators mit isolirendem Materiale bekleidet sein. In geschlossenen Räumen sollen jedoch stets mit Isolirungsmaterial bekleidete Drähte zur Benützung kommen. Für kurze Leitungen mit Einschaltung weniger Lampen kann für den ganzen Stromkreis ein und derselbe Draht benützt werden.

Ist aber das Maschinenhaus von der Beleuchtungsanlage getrennt, so hat man die Leitung vom Maschinenhause zum Beleuchtungsobject, die Leitung von einer Lampe zu der anderen und die Rückleitung zu unterscheiden. Die Leitungsdrähte vom Maschinenhause zum Beleuchtungsobject werden zweckmässig in Kabel vereinigt, die Leitungsdrähte für die Lampen nach der früher angegebenen Art für geschlossene Räume ausgeführt, und zur Rückleitung ein gemeinschaftlicher Draht benützt, der nicht isolirt zu sein braucht. Die Beschaffenheit des Kabels richtet sich darnach, je nachdem dasselbe ober- oder unterirdisch geführt wird. Bei oberirdischen Leitungen verbindet man die gut von einander isolirten Kupferdrähte durch eine isolirende Gewebeumhüllung miteinander, während man bei unterirdischen Leitungen noch über diese Schichte ein Eisendrahtgeflecht anordnet. Im letzteren Falle kann der Eisendraht gleich als Rückleitung verwendet werden. Die Benützung einer Erdleitung oder der Anschluss an Gas- oder Wasserleitungen als Rückleitung ist nicht zu empfehlen. Leitungen, die in geschlossenen Räumen verdeckt geführt werden, bedürfen zu ihrem Schutze keiner Eisendrahtumhüllung.

Jede Leitung soll aber gut bezeichnet, übersichtlich angeordnet und gegen Beschädigungen sowohl, als auch gegen zufällige Berührung von Personen vollkommen geschützt sein.

Zu Stützpunkten für die Führung der Leitungen im Freien, können bei Anwendung schwächerer Lichter die Lampenständer selbst benützt werden; für derartige Ständer genügt eine Höhe von etwa 8 Meter.

Für kräftige Lichter auf grossen Plätzen wendet man bis jetzt Holzmaste an, die eine Höhe von 20 Meter bei einer Dicke von 14 Cm. an der Spitze und 38 Cm. am Fusse haben. In Amerika hat man derlei Träger in Gestalt hohler Eisensäulen hergestellt, deren innerer Durchmesser hinlänglich gross ist, um mittelst Druckwerk eine Person im Innern zur Bedienung der Lampen hinaufzubefördern.

Die immer weiter sich ausbreitende Anwendung des elektrischen Lichtes hat competente Behörden veranlasst, für die Herstellung von Leitungen Vorschriften zu verfassen, welche Schutz gegen Feuersgefahr und für Menschenleben bilden sollen. So wurde zum Beispiel in Philadelphia eine Commission eingesetzt zur Feststellung geeigneter Sicherheitsmassregeln, über deren Resultate ein Bericht vorliegt,*) dem Nachfolgendes entnommen ist.

1. Die Zu- und Ableitungsdrähte des elektrischen Stromes, welche in ein Gebäude führen, müssen auf ihrer ganzen Länge hinreichend isolirt sein; ebenso die Leitungsdrähte, welche von einer stromerzeugenden Maschine kommen oder zu derselben zurückführen.

2. In bestimmten Zeiträumen sollen Inspectionen angeordnet werden, durch welche festgestellt wird, ob die Isolirung noch vollkommen intact ist; die Isolirung kann durch folgende Ursachen verletzt werden: *a*) dadurch, dass die Haken für die Befestigung der Drähte dieselben durchschneiden, *b*) dass an gewissen Stellen

---

*) Uppenborn, Zeitschrift für angewandte Elektricitätslehre, IV., S. 79.

die Isolirung abgeschabt wird und *c*) durch scharfe Biegung der Drähte.

3. Die Zusammensetzung der Leitungsdrähte aus zahlreichen kleinen Stücken soll so viel als möglich vermieden werden, und da, wo diese nicht zu umgehen ist, soll die Verbindung durch Bewicklung möglichst geschützt werden, damit sich nicht die Enden der Drähte trennen und an der Unterbrechungsstelle kleine Bogen oder Funken bilden.

4. Die Drähte dürfen nicht in leitender Verbindung mit dem Erdboden sein, sondern sowohl die Hin- als Rückleitung des Stromes muss durch Drähte geschehen. Um diese Bedingung zu erfüllen, dürfen die Drähte nicht in die Nähe von metallischen Körpern, namentlich von Gas- oder Wasserleitungen kommen, weil durch einen zufälligen Contact des Leiters mit denselben eine Ableitung zur Erde stattfindet. Wenn es nöthig ist, dass die Drähte derartige metallische Leitungen kreuzen, muss die Isolirung mit besonderer Sorgfalt ausgeführt werden.

5. Die Möglichkeit eines kurzen Stromschlusses soll vermieden werden und zwar dadurch, dass die Leitungsdrähte von verschiedenen Maschinen oder von verschiedenen Theilen derselben Maschine, soweit als möglich von einander entfernt gehalten und nie einander unnöthiger Weise näher gebracht werden, als die Entfernung zwischen den beiden Verbindungsstäben an einer elektrischen Lampe im Stromkreise. Die Leitungsdrähte, welche den Strom von der Maschine in einen elektrisch zu beleuchtenden Raum führen, sollen daher den Raum möglichst weit von der Eintrittsstelle

wieder verlassen; ferner sollen die Drähte in der Regel gut befestigt werden, und dürfen nur in den Fällen im Bogen herunterhängen, wenn dies für das Herablassen oder Aufziehen erforderlich ist. Es soll ferner eine sorgfältige Auswahl getroffen werden unter den verschiedenen Theilen eines Gebäudes, in welche die Leitungsdrähte eingelegt werden. So viel als möglich soll man sich von der Abwesenheit von Feuchtigkeit überzeugen; es ist vorzuziehen, die Leitung an Decken, anstatt an Zwischenwänden oder am Fussboden entlang zu führen; das letztere ist völlig zu verwerfen, wenn die Drähte nicht unter die Dielen gelegt werden. Wie früher bemerkt, müssen metallische Ableitungen soviel als möglich aus den für die elektrischen Drähte gewählten Räumen entfernt werden, und man muss auch darauf sehen, dass die Stelle, an welcher die Leitungsdrähte liegen, nicht durch zufälliges Feuchtwerden theilweise leitend für Elektricität wird.

6. Die Dimensionen der Leitungsdrähte sind so gross zu wählen, dass der stärkste vorkommende Strom ohne gefährliche Erhitzung in denselben fortgeleitet werden kann.

7. Um Gefahr für das Leben von Menschen durch zufällige Entladung des Stromes zu vermeiden, müssen die Leitungsdrähte so gelegt werden, dass sie für directe Berührung unzugänglich sind, entweder durch Wahl der Localität oder durch passende Bedeckung.

Bei grösseren Beleuchtungsanlagen — wie zum Beispiele für ganze Stadttheile — sollen übersichtliche und ausführliche Pläne sämmtlicher Leitungen vorliegen.

Specielle Einrichtungen werden in dem Abschnitte »Specielle Leitungen und Schaltungsweisen« ausführlich behandelt werden.

V.

Mess- und Registrirapparate für den Stromverbrauch.

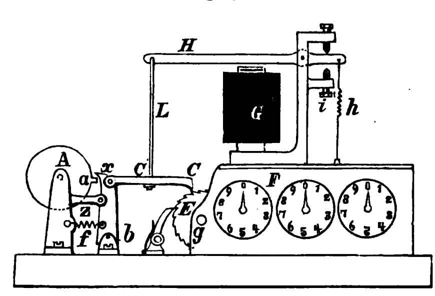
Gleichwie bei der Gasbeleuchtung Producent und Consument in der Regel nicht in einer Person vereinigt sind, strebt man auch bei der Beleuchtung durch Elektricität bereits darnach Centralstationen zu schaffen, von welchen aus ganze Stadttheile mit Elektricität versorgt werden sollen. Hierbei stellte sich, ebenso wie bei der Gasbeleuchtung, sofort das Bedürfniss heraus, den Consum der einzelnen Parteien zu messen und zu registriren, um darnach den Kaufpreis feststellen zu können. Solche »Elektricitätsmesser« sind auch in der That bereits construirt worden, und einige derselben sollen nun nachstehend beschrieben werden.

Hierher gehört zum Beispiele der von Swan*) construirte Apparat, obwohl er eigentlich nicht den consumirten Strom, sondern nur die Zeit, während welcher dieser benützt wurde, misst und registrirt. Eine Walze *A*, Figur 9, welche sich, durch ein Uhrwerk getrieben, in einer gewissen Zeit einmal umdreht, ist mit so vielen

*) Elektrotechnische Zeitschrift, III., S. 209.

Stiften *a* versehen, als Lampen vorhanden sind. Vor dieser Walze ist ein um *b* drehbarer Hebel angebracht, welcher durch eine Feder *f* gegen den festen Anschlag *z* gehalten wird, und an seinem oberen Ende bei *x* drehbar einen Sperrhebel *C* trägt. Letzterer hat am Ende einen Zahn *c*, mit welchem er jedes Mal, wenn der Hebel durch den Stift *a* zurückgedrängt wird, ein Sperrrad fortrückt. Dieses Sperrrad wirkt auf ein Zählwerk *F*. Ueber diesem ist ein Elektro-

Fig. 9.



magnet *G* angebracht, dessen Ankerhebel *H* für gewöhnlich durch eine Feder *h* auf der Anschlagschraube *i* niedergehalten wird. Eine Zugstange *L* hält in diesem Zustande dann auch den Sperrhebel *C* ausser dem Bereiche des Sperrrades *E*. Auf der Welle *g* sind nun so viele Sperrräder *E* angeordnet als Lampen in dem Stromkreise sich befinden, und eben so viele Elektromagnete *G*, Anker *H*, Hebel nebst Zubehör sind vorhanden. Jeder Elektromagnet ist in den Stromkreis einer Lampe eingeschaltet, so dass nur diejenigen Elektromagnete zur Thätigkeit gelangen, deren Lampen augenblicklich brennen. Da nun die entsprechenden

Sperrhebel C bei angezogenen Ankern H ihre Sperräder bewegen können und letztere alle gemeinschaftlich auf das Zählwerk F wirken, so werden hierdurch die Zeiten, während welcher jede einzelne Lampe brennt, summarisch gemessen und registrirt.

Dieser Apparat dürfte sich für die praktische Anwendung kaum eignen, da er einerseits sehr complicirt ist und andererseits nicht das misst, was eigentlich gemessen werden soll, nämlich den Stromverbrauch, sondern nur die Zeit der Strombenützung. Diese Messung könnte nur dann eine richtige Grundlage zur Feststellung des Preises für die Consumenten geben, wenn die Stromstärke in der Hauptleitung stets constant erhalten würde, und sämmtliche Lampen bezüglich ihrer Constanten einander absolut gleich wären, gar nicht zu gedenken des Falles, dass der Consument den Strom auch tagsüber zu anderen Zwecken benützen würde. Es herrschen hier ähnliche Verhältnisse, wie bei der Abgabe von Wasser aus städtischen Wasserleitungen. Würde man hier nur die Zeit messen, während welcher der Abflusshahn eines Consumenten geöffnet ist, so hätte man damit gar nichts gemessen; selbst die Bedingung, dass alle Ausflussöffnungen den gleichen Querschnitt besässen, würde daran nahezu nichts ändern, da die in einer bestimmten Zeit ausfliessende Wassermenge auch von der Ausflussgeschwindigkeit wesentlich abhängt. Ein vollkommen richtiges Mass würde nur die in der Zeiteinheit ausfliessende Wassermenge bilden können. Wenn man sich bei derartigen Wasserleitungen gleichwohl damit begnügt, nur die abgegebene Wassermenge zur Berechnung des Preises zu benützen, so

hat dies darin seinen Grund, dass die Ausflussgeschwindigkeit in der Regel nicht in Betracht kommt, da man das Wasser gewöhnlich nur zum Trinken, Kochen etc. aber nicht zur Leistung von Arbeit benützt. Doch auch für den letzterwähnten Fall kann die Ausflussgeschwindigkeit vernachlässigt werden, wenn die Wasserleitung sich in einem halbwegs horizontalen Terrain verzweigt, da dann bei jeder Ausflussöffnung die Druckhöhe dieselbe ist, also auch die Ausflussgeschwindigkeit unverändert bleibt, so lange die Reibung in den Röhren vernachlässigt werden kann. (Selbstverständlich muss hierbei die Höhe des Wasserspiegels im Centralreservoir constant erhalten werden.)

Zur Strommessung zurückkehrend wird man leicht einsehen, dass bei der blossen Bestimmung der Zeit, während welcher der Strom von einem Consumenten benützt wurde, folgende Unzukömmlichkeiten eintreten würden:

Die Stromerzeugung in der Centrale könnte so weit herabgemindert werden, dass die Lampen der Consumenten statt mit der ausbedungenen, mit einer bedeutend geringeren Helligkeit leuchten würden; dies ergäbe in Folge der damit erzielten Arbeitsersparung eine Uebervortheilung der Consumenten zu Gunsten des Producenten. Aber auch für die einzelnen Consumenten würde die Kostenberechnung ganz ungleich ausfallen, da die verschiedenen Lampen bezüglich ihrer Constanten durchaus nicht als gleichwerthig zu betrachten sind; bei Benützung des Stromes zu anderen als Beleuchtungszwecken würden aber die Aufzeichnungen des Swan'schen Apparates ganz bedeutungslos werden.

Die hier gerügten Uebelstände sind bei den von Edison construirten Messapparaten vermieden. Edison benützt zur Construction seiner Apparate die elektrolytischen Wirkungen des elektrischen Stromes. Bekanntlich zersetzt letzterer, wenn er durch Wasser geht, dieses in seine beiden Bestandtheile, Wasserstoff und Sauerstoff, und beim Passiren von Salzlösungen wird die Säure von der Base getrennt, also z. B. bei Zinkvitriollösung das Zink von der Schwefelsäure. Dabei erfolgt die Abscheidung der Zersetzungsproducte unter sonst gleichen Umständen direct proportional der Stromstärke. Die vom Strome in der Zersetzungszelle während der Zeiteinheit geleistete Arbeit ist durch den Ausdruck $E \,.\, J$, oder, weil $J = \frac{E}{W}$ ist, durch $\frac{E^2}{W}$ gegeben. Erhält man E^2 constant, wie es ja bei Edison's System thatsächlich geschieht, so ist die in der Zersetzungszelle geleistete Arbeit dem jeweiligen Widerstand umgekehrt proportional. Denn man hat $A = \frac{E^2}{W}$ und $A^1 = \frac{E^2}{W^1}$ also

$$A : A^1 = \frac{E^2}{W^1} : \frac{E^2}{W^2}$$
$$= W^1 : W$$

Da aber Edison seine Lampen stets parallel schaltet, verhalten sich die Widerstände umgekehrt wie die Zahlen, welche die eingeschalteten Lampen angeben,*) also

*) Dies gilt allerdings nur unter der Voraussetzung, dass jede Lampe dieselben Constanten besitzt, oder dass man, wenn die Lampen ungleiche Constanten haben, unter n und n^1 die gewissermassen auf Normallampen reducirten Lampenzahlen versteht.

$$n : n^1 = W^1 : W$$

und durch Combinirung beider Proportionen erhält man

$$A : A^1 = n : n^1$$

d. h. die im Zersetzungsapparate (Voltameter) geleistete Arbeit oder Abscheidung von Zersetzungsproducten ist der Anzahl der Lampen direct proportional, oder mit Berücksichtigung des in der Anmerkung Gesagten, ist

Fig. 10.

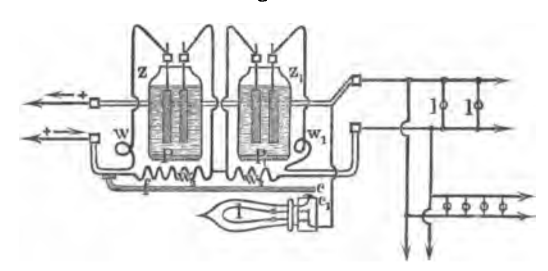


die abgeschiedene Menge der Zersetzungsproducte direct proportional der in den Lampen geleisteten Arbeit. Dass die Menge der abgeschiedenen Zersetzungsproducte auch der Zeitdauer des Stromes proportional ist, versteht sich von selbst; die Definirung von n und n^1 ergiebt auch, dass es gleichgiltig ist, ob eine Lampe 10 Stunden oder 10 Lampen 1 Stunde brennen, ein Motor, ein galvanoplastischer Apparat etc. eingeschaltet ist. Das Voltameter scheidet immer die Zersetzungsproducte, der

in der zugehörigen Leitung geleisteten elektrischen Arbeit entsprechend, ab und das Gewicht dieser Producte kann daher zur Kostenberechnung ganz gut verwendet werden.

Edison hat den auf den eben erläuterten Principien beruhenden Messapparat in verschiedenen Formen ausgeführt, deren eine in Figur 10 abgebildet ist, während Figur 11 die Schaltungsweise versinnlicht. In dem verschliessbaren eisernen Kasten (Figur 10) sind zwei Voltameter z z_1 angebracht. Jedes derselben enthält

Fig. 11.



zwei durch Hartgummi von einander isolirte Zinkplatten p und p_1, welche in eine Lösung von Zinkvitriol tauchen. Der Strom zerlegt den Zinkvitriol in Zink und Schwefelsäure und scheidet das Zink an der negativen, die Schwefelsäure an der positiven Zinkplatte ab. Die an letzterer abgeschiedene Schwefelsäure löst wieder das Zink dieser Platte auf, so dass die Wirkung des elektrischen Stromes sich eigentlich als ein Transport des Zinkes von der positiven zur negativen Platte darstellt.

Würde man diese Voltameter direct in den Lampenstromkreis einschalten, so wäre die eine Zinkplatte sehr rasch aufgelöst. Um dies zu vermeiden, schaltet Edison

auf dem Wege zum Voltameter je einen Widerstand w_2 und w_3 (aus gewelltem Neusilberblech) ein, wodurch nur ein Zweigstrom in das Voltameter eintreten kann. Hierbei ist der Widerstand w_2 noch einmal so gross als der Widerstand w_3, daher ist die in dem einen Voltameter abgeschiedene Zinkmenge 4 mal so gross als die im anderen. Der Grund dieser Einrichtung liegt in der Bestimmung beider Voltameter. Das eine dient nämlich für die monatlich vorzunehmenden Messungen, das andere zur Controle derselben durch den Beamten der Gesellschaft.

Um die Abscheidung des Zinkes von der Temperatur unabhängig zu machen, sind noch zwei Drahtwiderstände w und w_1, jeder für eines der Voltameter, eingeschaltet. Steigt nämlich die Temperatur, so wird der Widerstand im Drahte w respective w_1 erhöht, in der Flüssigkeit der zugehörigen Zersetzungszelle aber vermindert. Wählt man nun für den Draht einen entsprechenden Widerstand, so kann man es dahin bringen, dass die Temperaturänderungen die Widerstände von Draht und Flüssigkeit derart ändern, dass sie sich gegenseitig compensiren.

Unterhalb der Neusilberwiderstände befindet sich die aus zwei verschiedenen Metallen gebildete Feder f, die sich nach unten krümmt und die Contactstifte $c c_1$ zur Berührung bringt, wenn die Temperatur unter einen gewissen Grad sinkt. Durch die Berührung der Contacte $c c_1$ wird aber die Glühlichtlampe l in den Stromkreis eingeschaltet, durch deren strahlende Wärme die Flüssigkeiten in den Voltametern wieder erwärmt werden. Ist die gewünschte Temperatur dadurch hergestellt,

so hat sich auch die Feder in Folge ihrer gleichzeitigen Erwärmung wieder nach aufwärts gekrümmt und dadurch den Contact unterbrochen, also die Lampe ausgeschaltet.

Der eben beschriebene Messapparat wird in 2 Grössen, für 25 und 50 Lampen, hergestellt.

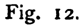
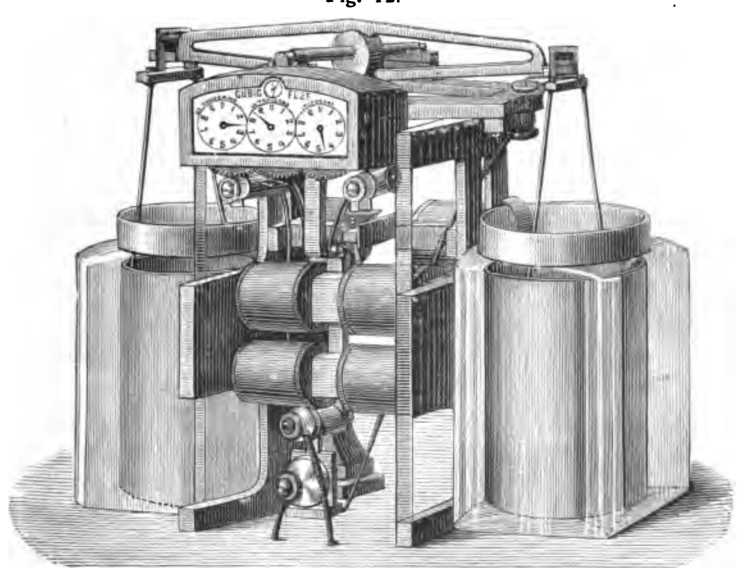


Fig. 12.



Für grössere Anlagen und Centralstation benützt Edison den in Fig. 12 dargestellten, automatisch registrirenden Apparat. An den beiden Enden eines Wagebalkens hängen spiralig gerollte Kupferbleche derart, dass sie Elektroden bilden. Sie tauchen beide in Gläser mit Kupfervitriollösung, die von einem zweiten Paare Elektroden quer durchsetzt sind. Die ganze Vor-

richtung wird in den Stromkreis so eingefügt, dass ein Kupferblech die negative Elektrode bildet; der Strom scheidet an diesem Kupfer ab, und bringt, sobald ein gewisses Gewicht desselben erreicht ist, die Wage derart aus der Gleichgewichtslage, dass jener Arm, welcher die eben erwähnte Kupferplatte trägt, sinkt. Durch eine einfache Vorrichtung wird nun bewirkt, dass der Strom in der entgegengesetzten Richtung geht, also die Kupferabscheidung an der zweiten Blechspirale erfolgt, die Säureabscheidung an der zuerst erwähnten Spirale; es wird jetzt die erste Blechspirale durch Auflösen des Kupfers von der abgeschiedenen Säure leichter, die zweite Spirale durch die Kupferabscheidung schwerer, und die Wage neigt sich, sobald diese Differenz genügend gross geworden ist, nach der entgegengesetzten Seite. Es tritt also eine oscillirende Bewegung des Wagebalkens ein, deren Geschwindigkeit von der durchgegangenen Elektricitätsmenge abhängig ist. Die Uebertragung dieser Bewegung auf ein Zählwerk, wie es zu vielen Zwecken, z. B. bei unseren Gasuhren, verwendet wird, registrirt so genau die consumirte Elektricitätsmenge.

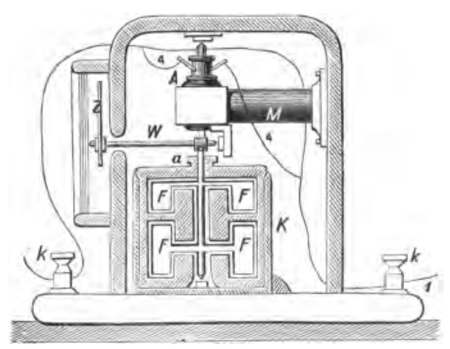
Edison construirte auch einen Elektricitätsmesser, welcher auf der abwechslungsweise durch den elektrischen Strom bewirkten Zersetzung und Rückbildung des Wassers beruht.*)

Ein anderer, gleichfalls zur Messung und Registrirung des Stromverbrauches von Edison construirter Apparat besteht aus einem Elektromotor, der eine

*) The Telegraphic-Journal, Vol. IX. pag. 455.

bestimmte Arbeit zu leisten hat, in Verbindung mit einem Registrirapparate, der den Betrag des überwundenen Widerstandes verzeichnet. Edison hat nämlich beobachtet, dass die Geschwindigkeit bei einer gewissen Belastung des Motors proportional der Stärke des erregenden Stromes ist. Wenn man daher den Motor so einrichtet, dass er langsam geht, wenn der Betrag an Strom für z. B. nur eine Verwendungsstelle durch den Stromkreis verläuft, so wird seine Geschwindigkeit sich

Fig. 13.



proportional der Vergrösserung der Anzahl strombrauchender Verwendungsstellen vermehren. Der Motor kann sowohl mit seinen erregenden Spulen, als auch mit seinen Ankerspulen unmittelbar in dem Hauptstromkreise oder auch in einem Zweigstromkreise liegen. Die Belastung des Motors kann auf verschiedene Weise erzielt werden. Man kann z. B. Windräder oder Flügel durch starke Radübersetzung mit der Ankerwelle verbinden, oder auch Schaufeln, die an letzterer sitzen, in einem Behälter mit dicker Flüssigkeit, wie z. B. Glycerin oder dergleichen, rotiren lassen.

Letztere Ausführung zeigt Fig. 13. Der Anker *A* des Elektromagnetes *M* trägt auf seiner verlängerten Axe *a* die Flügel *F*, welche sich in entsprechenden ringförmigen Kammern des mit Glycerin gefüllten Kastens *K* bewegen. Durch Schnecke und Schneckenrad wird die Bewegung der Axe *a* auf die Welle *W* und somit auf einen Zeiger *Z* übertragen.*)

Schliesslich möge noch auf eine Abhandlung von F. Uppenborn und eine von J. Baumann aufmerksam gemacht werden, welche sich beide mit der Messung und dem Registriren der in einer elektrischen Leitung verbrauchten Arbeit beschäftigen. (Uppenborn, Zeitschrift für angewandte Elektricitätslehre, Bd. IV, S. 518 und Bd. V, S. 19).

VI.

Specielle Leitungen und Schaltungsweisen.

Unter Schaltungen im weiteren Sinne des Wortes kann man die Verbindung sämmtlicher Theile einer elektrischen Beleuchtungsanlage verstehen; da wir uns in diesem Buche jedoch nur mit der Verwendung des durch irgend eine Lichtmaschine erzeugten Stromes zur Beleuchtung zu beschäftigen haben, muss unter Schaltung auch nur die Art der Verbindung der Lampen mit der Stromquelle, also die Anordnung der

*) Elektrotechnische Zeitschrift. III. S. 482.

Stromleitung zu den Lampen verstanden werden. Die allgemeinen Anforderungen, welche an jede Leitung gestellt werden, sind bereits behandelt worden, und damit ist die Stromführung vom Erzeugungs- zum Verbrauchsorte bis auf specielle Anordnungen einiger Beleuchtungssysteme als erledigt zu betrachten. Es erübrigt deshalb noch diese speciellen Eigenthümlichkeiten und die Leitungen zwischen den einzelnen Lampen, also die Stromführung vom Strommess- und Registrirapparate an, zu betrachten. Hierher gehören auch jene Vorrichtungen, welche zur Sicherung einer regelmässigen und ununterbrochenen Function der Beleuchtungsanlage angewandt werden.

Eine Art dieser Sicherheitsapparate sind die Nebenlampen. Diese haben den Zweck, selbstthätig sofort die Beleuchtung zu übernehmen, wenn die Hauptlampe aus irgend einer Ursache erlischt, und sie müssen so lange brennen, bis die Hauptlampe ihre Thätigkeit wieder aufnimmt, worauf sie gleichfalls selbstthätig wieder erlöschen sollen.

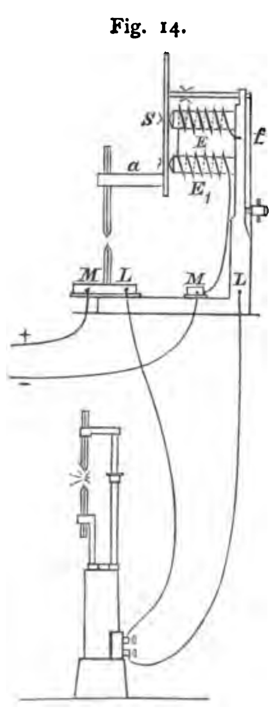
Die erste derartige Neben- oder Deviatorlampe wurde von F. v. Hefner-Alteneck construirt, und auch von diesem die Schaltung in den Lampenkreis angegeben. Zur Erklärung möge Fig. 14 und v. Hefner-Alteneck's eigene Beschreibung*) dienen.

Vor den Polen eines hufeisenförmigen Elektromagnetes, dessen Schenkel EE_1 horizontal und übereinander liegen, gleitet eine Eisenschiene S, welche an einem rechtwinklig abstehenden Arme a den oberen

*) Dr. Ph. Carl, Zeitschr. für angewandte Elektricitätslehre 1879.

Kohlenstift trägt, durch ihr Gewicht so weit abwärts, bis die beiden Kohlenstifte aufeinander treffen. Die Eisenschiene ist dabei so geführt, dass sie sich vom unteren Pole des Elektromagnetes nicht entfernen, aber sich um eine dachförmig zugefeilte Kante desselben, schaukelartig ein wenig drehen kann, wobei sie sich dem oberen Pole um ein Geringes nähert oder von ihm entfernt. Das letztere geschieht in der Ruhe unter der Einwirkung der regulirbaren Feder *f*. Tritt der elektrische Strom in den Umwindungen des Elektromagnetes auf, so hält der entstehende Magnetismus im unteren Pole zunächst die Eisenschiene *S* durch magnetische Reibung derart fest, dass sie auch dann nicht mehr abwärts gleitet, wenn sie ihren bisherigen Stützpunkt an den Kohlenspitzen verliert. Dies erfolgt fast in dem gleichen Momente, in dem der obere Pol die Eisenstange anzieht, sie um die dachförmige Kante des unteren Poles unter Ueberwindung der Feder *f* ein wenig dreht, und dabei durch den Winkelhebel, den sie mit dem oberen Kohlenhalter *a* bildet, die Kohlenstifte von einander entfernt.

Fig. 14.



Der von der dynamoelektrischen Maschine kommende Strom geht durch die Elektromagnetumwin-

dungen der Nebenlampe zum Gestell derselben und theilt sich da in zwei Zweige, von denen der eine durch das Kohlenstiftpaar der Nebenlampe zum unteren Kohlenhalter derselben, der andere durch die Hauptlampe ebendahin und von da durch die gemeinsame Rückleitung zur Maschine führt. Eine wirkliche Stromverzweigung findet aber nur im ersten Momente des Stromeintrittes statt, da sich sofort die Kohlenstäbe des Deviators von einander entfernen; es tritt aber dabei kein Lichtbogen, sondern nur eine Unterbrechung dieses Stromzweiges ein, weil der andere Zweig durch die langsamer arbeitende Hauptlampe an den sich berührenden Kohlenstiften noch kurz geschlossen ist, und die Entstehung eines Lichtbogens in der Nebenlampe verhindert. Es geht also der ganze Strom durch die Hauptlampe und setzt diese in Thätigkeit, als ob die Nebenlampe nicht vorhanden wäre. Erlischt aber einmal durch irgend welchen Umstand das Licht der Hauptlampe, so hört der ganze Strom auf, der Elektromagnet der Nebenlampe lässt die Eisenschiene fallen, und erstere arbeitet dann sofort als elektrische Lampe in ihrem Stromzweige. Kommen dann die Spitzen der Hauptlampe durch deren Mechanismus wieder in vorübergehenden Contact, so macht dieser den Lichtbogen in der Nebenlampe wieder verlöschen, ohne eine Bewegung an derselben zu veranlassen. Der erloschene Lichtbogen hinterlässt aber eine Unterbrechung des Nebenzweiges und die Hauptlampe tritt wieder allein in Function.

Unter Anwendung derselben eigenthümlichen Art der Stromverzweigung hat auch Schuckert eine Neben-

lampe construirt.*) Die Wirkungsweise ist ebenfalls die, dass die positive Kohle, wenn kein Strom vorhanden ist, auf der unteren negativen Kohle aufliegt und von der letzteren hinreichend getrennt wird, sobald die Spirale ein genügend starker Strom durchfliesst. Die Befestigung der Kohle geschieht aber durch mechanische Klemmung.

Vorrichtungen gegen das Erlöschen einer Lampe sind besonders wichtig bei Anwendung der Jablochkoffkerze. Diese hat, wie im Bande über elektr. Licht mitgetheilt wurde, nur eine sehr kurze Brenndauer, erfordert also beinahe für jede Anlage Vorrichtungen, durch welche beim Erlöschen einer Kerze eine zweite selbstthätig zum Brennen gelangt. Anfangs, z. B. auch bei der Beleuchtung der Avenue de l'opéra in Paris, begnügte man sich allerdings damit, jede Lampe mit 4 Kerzen zu versehen und diese mit einem im Fusse des Candelabers angebrachten Stromwechsler so zu verbinden, dass durch entsprechende Drehung des letzteren eine Kerze nach der anderen in den Stromkreis eingeschaltet werden konnte. Nach je zwei Stunden (der Brenndauer einer Kerze) musste dann ein Lampenwärter von Laterne zu Laterne gehen und die Stromwechsler drehen. Diese Einrichtung hat aber nicht nur den Nachtheil der Unbequemlichkeit, sondern auch den, dass beim Erlöschen einer Kerze durch irgend welche Ursachen sämmtliche Kerzen desselben Stromkreises erlöschen und die Lampen erst durch Drehen ihrer

*) Schellen, die magnet- und dynamoelektrischen Maschinen, II. Aufl., S. 387.

Stromwechsler successive wieder zum Leuchten gebracht werden können.

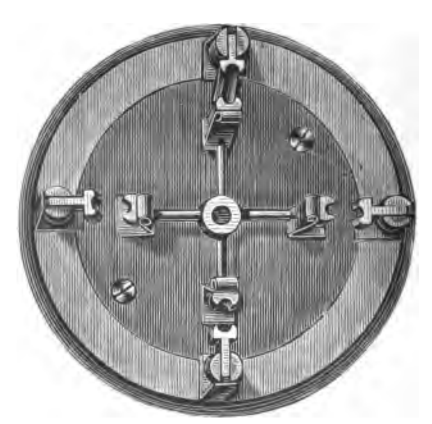
Mittel, um eine einmal erloschene Kerze von selbst wieder zum Brennen zu bringen, wie zum Beispiele die Beimischung leitender Metallpulver in die isolirende Zwischenschichte, haben bis jetzt kein brauchbares Resultat ergeben. Um das Erlöschen einer Lampe zu verhindern, muss man also dafür sorgen, dass an Stelle einer erloschenen Kerze unmittelbar eine zweite Kerze zu brennen beginnt. Man versuchte dies dadurch zu erreichen, dass man Kerzen von verschiedenen Widerständen in einer Lampe vereinigte und sie sämmtlich in den Stromkreis einschaltete. Es begann dann die Kerze zu brennen, welche den geringsten Widerstand besass, und wenn diese erlosch, folgte jene Kerze, welche den nächst höheren Widerstand hatte. Diese Einrichtung führte aber zu grossen Stromverlusten und wurde deshalb aufgegeben.

Diese Misserfolge veranlassten die Construction mechanischer Vorrichtungen, deren eine in den Figuren 15 und 16 abgebildet ist. Auf einer Grundplatte aus durchscheinendem Materiale sind 4 Paare von Klemmen angebracht, um die 4 Kerzen der Lampe aufzunehmen und ihnen den nöthigen Strom zuzuführen. Die inneren 4 Klemmstücke sind mit Metallstreifen aus Stahl und Kupfer versehen, welche sich, wenn die Kerze herabgebrannt ist, stark erwärmen und in Folge der ungleichen Ausdehnung beider Metalle krümmen. Hierdurch gelangt der betreffende Metalldoppelstreifen mit dem ihm gegenüberstehenden Metallstift in Contact, wodurch der Strom veranlasst wird, statt durch die Kerze zu gehen,

einen Elektromagnet, Fig. 16, zu umkreisen. Letzterer zieht seinen plattenförmigen Anker an, und dieser

Fig. 15.

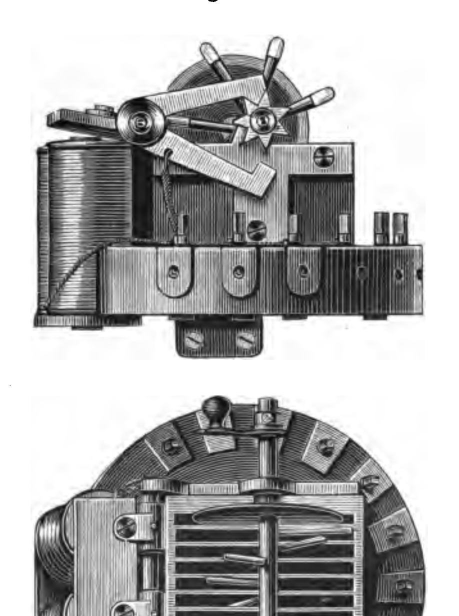




bewirkt durch Drehung des mit ihm in Verbindung stehenden Doppelsperrhakens und eines Sternrades die Drehung einer Daumenwelle. Unter dieser Welle

befindet sich ein kleines Kästchen aus Hartgummi mit so vielen von einander isolirten Fächern, als Kerzen

Fig. 16.



benützt werden sollen. Die Fächer sind mit Quecksilber gefüllt und mit bestimmten Kerzen verbunden. Der elektrische Strom tritt in die Welle ein, geht durch jenen Daumen, welcher gerade in eines der mit Quecksilber gefüllten Fächer taucht, und von diesem durch

die entsprechende Kerze wieder zur Maschine zurück. Eine Drehung der Welle bewirkt das Eintauchen eines nächsten Daumens in das ihm entsprechende Fach, daher die Einschaltung einer neuen Kerze. Inzwischen hat sich der Metallstreifen der ausgebrannten Kerze etwas abgekühlt und den Contact wieder aufgehoben, wodurch der Magnet stromlos wird, der Anker abfällt

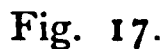
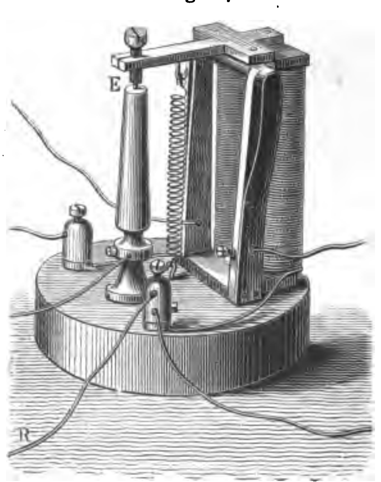


Fig. 17.



und durch seinen oberen Sperrhaken das Sternrad an einer weiteren Drehung verhindert.

Eine vor dem vollständigen Abbrennen ausgelöschte Kerze wieder anzuzünden, ist diese Vorrichtung gleichfalls nicht im Stande.

Auch der von A. G. Desquiens angegebene Apparat (Elektrotechnische Zeitschrift, III., S. 168) schaltet nur an Stelle einer vollständig ausgebrannten Kerze eine neue ein.

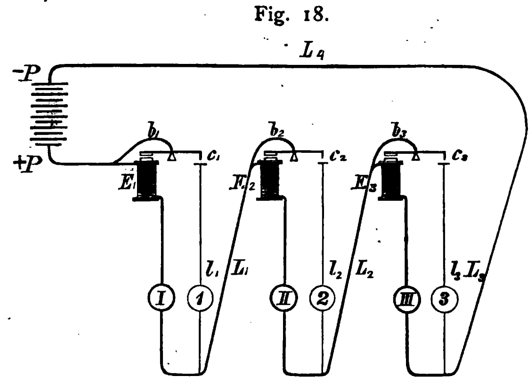
Bei den übrigen im dritten Bande dieser Bibliothek besprochenen Kerzen erfolgt das Wiederentzünden einer erloschenen Kerze nicht durch von der Lampe getrennte Vorrichtungen, sondern durch solche, die in der Lampe selbst angebracht sind.

Auch bei der Glühlichtlampe von Reynier muss eine eigene Vorrichtung angebracht werden, falls das Erlöschen einer Lampe die übrigen Lampen im selben Stromkreise nicht stören soll. Es wird dies bei Hintereinanderschaltung der Lampen dadurch erreicht (siehe Fig. 17), dass auf dem Wege zu jeder Lampe ein Elektromagnet sich befindet, durch dessen Windungen der Strom gehen muss. So lange die Lampe brennt, hält dieser Magnet seinen Anker angezogen; dieser wird aber sofort durch eine Spiralfeder abgerissen, wenn die Lampe erlischt. Ein am Anker befestigter Arm schliesst alsdann einen Contact *E*, wodurch ein Widerstand eingeschaltet wird, der an Grösse jenem der erloschenen Lampe entspricht.

Diese Einrichtung verhindert jedoch nur das Erlöschen sämmtlicher Lampen beim Versagen einer derselben; Lichtersatz für die erloschene Lampe wird dadurch nicht geschaffen. Dies kann aber durch die in Fig. 18 gegebene Anordnung erreicht werden. Jede Lampe (I, II, III) ist mit einem Elektromagnete in der vorbeschriebenen Weise versehen, und an Stelle des für die erloschene Lampe einzutretenden Widerstandes eine zweite Lampe (1, 2, 3) eingeschaltet. Der Strom geht von $+P$ (dem positiven Pole der Elektricitätsquelle) aus durch den Elektromagnet E_1, die Lampe I, den Elektromagnet E_2, die Lampe II, den Elektromagnet E_3,

die Lampe III, und wenn diese die letzte im Stromkreise ist, durch $L_3 L_4$ nach — P. Die Anker der Elektromagnete sind hierbei sämmtlich von ihren Magneten angezogen und deshalb alle Contacte unterbrochen. Erlischt eine Lampe, z. B. die Lampe II, so lässt der Elektromagnet E_2 seinen Anker los, dieser stellt den Contact bei c_2 her, und der Stromgang ist nun folgender: von der Lampe I durch L_1 b^2 über c_2 zur Lampe 2,

Fig. 18.



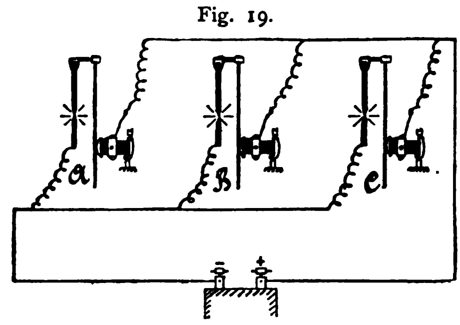
die nun statt der erloschenen Lampe II brennt, und von dieser durch L_2 den früheren Weg. An Stelle der Reservelampen 1, 2, 3 .. setzt Reynier auch mitunter sehr einfach construirte Nebenlampen (Alglave et Boulard, La lumière électrique pag. 149), die so lange zu functioniren haben, bis die Hauptlampe wieder ihre Thätigkeit aufnimmt.

Bemerkenswerth ist Gülcher's Schaltung mehrerer Lampen in einen Stromkreis, da sie ein Beispiel der Theilung des elektrischen Lichtes für Regulatorlampen, ohne Anwendung von Nebenschliessungen oder

Differentialspulen, giebt. Jede einzelne Lampe bildet hier gleichsam den Regulator für die anderen Lampen desselben Stromkreises.

Angenommen, es seien zunächst zwei Lampen *A* und *B* (Fig. 19) in den Stromkreis eingeschaltet und die Lampe *A* sei durch Schluss ihrer Zweigleitung angezündet; nun schliesst man auch die zweite Zweigleitung für die Lampe *B*. Der von der Lichtmaschine kommende Strom theilt sich nun in zwei Zweige, dessen

Fig. 19.



einer durch *A*, dessen zweiter durch *B* geht. In *B* berühren sich die Kohlen, weshalb hier der Widerstand geringer sein wird als in *A*, wo der Strom den bedeutenden Widerstand des Bogens zu überwinden hat. In Folge dessen wirkt in *B* der Elektromagnet kräftig und entfernt dadurch die Kohlen von einander. Zur selben Zeit war der Strom in *A* schwächer, und die Kohlen konnten sich nähern. Nun hat sich das Verhältniss umgekehrt: Die Kohlen sind in *A* näher an einander, in *B* weiter von einander; es wirkt der Magnet in *A* stärker und in *B* schwächer, also werden in *A* die Kohlen von einander entfernt, in *B* einander

genähert. Dieses Spiel geht so lange fort, bis sich zwischen beiden Lampen das der Stromstärke entsprechende Gleichgewicht hergestellt hat, was thatsächlich in kürzester Zeit erreicht ist. Es ist klar, dass man dann eine dritte Lampe C einschalten kann, die sich mit den zwei ersten Lampen, diese als Ganzes betrachtet, ins Gleichgewicht setzt u. s. w.

Die gleichmässige Vertheilung der Ströme für die einzelnen Lampen wird durch Parallelschaltung und dadurch erreicht, dass der Querschnitt der Leitung immer derjenigen Stromstärke entspricht, die an der betreffenden Stelle vorhanden sein soll. Um dies zu erreichen, berechnet man zunächst für die Anzahl m der einzuschaltenden Lampen den Querschnitt der Leitung für den Hauptstrom nach der Formel

$$\frac{\pi D^2}{4} \text{ oder } \frac{m \pi d^2}{4};$$

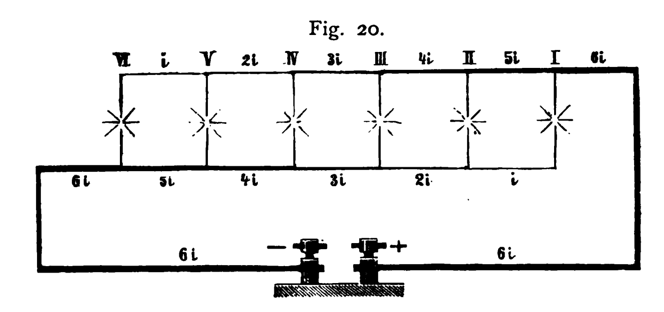
man hat also $\frac{m \pi d^2}{4} = \frac{\pi D^2}{4}$ oder $d = D\sqrt{\frac{1}{m}}$

als Grösse für den Durchmesser eines Theildrahtes. Nun bildet man aus m Drähten vom Durchmesser d ein Drahtbündel, verbindet das eine Ende dieses Bündels mit einem Pole der Maschine (Fig. 20) und führt es dann bis zur Lampe I; hier zweigt man einen Leitungsdraht ab, führt die übrigen m—1 Leitungsdrähte bis zur Lampe II, zweigt wieder einen Draht ab, führt die m—2 Drähte zur Lampe III u. s. w. bis zur letzten Lampe, für welche noch ein Draht übrig bleibt. Ein zweites, ebenso starkes Bündel verbindet man mit dem zweiten Pole der Maschine, führt dieses dann bis zu der letzten Lampe, zweigt einen Draht ab, führt die

übrigen $m-1$ Drähte zur vorletzten Lampe u. s. w. und verbindet endlich den zuletzt übrig gebliebenen Draht mit der Lampe I.

Aus der Figur 20 ersieht man leicht, dass die Weglängen aller Theilströme unter einander gleich gross sein müssen; aber auch der Querschnitt der Leitung entspricht an jeder Stelle genau der Strommenge, welche dieselbe durchfliessen soll. Da die Intensität J des Hauptstromes gleich ist der Summe der Intensi-

Fig. 20.



täten der Theilströme, so kann man bei m Theilströmen von der Intensität i schreiben:

$$J = m \cdot i.$$

Es fliesst also in der Hauptleitung bis zur Lampe I ein Strom von der Intensität $\frac{m-1}{m} J = (m-1)\,i$, von der Lampe II zur Lampe III von der Intensität $(m-2)\,i$ u. s. w.

Ganz in derselben Weise nimmt aber auch der Querschnitt der Leitung ab. Betrachtet man die Rückleitung, so kommt man zu demselben Resultate. Das Problem der Theilung ist also hier durch Parallel-

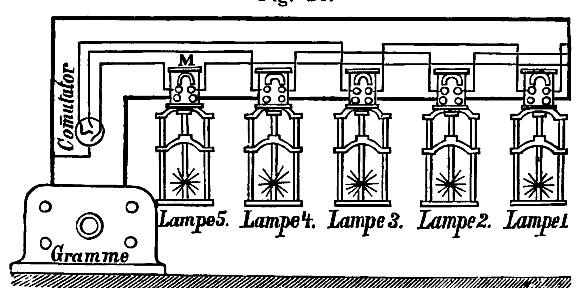
schaltung gelöst, und letztere durch die einfache Construction der Lampen ermöglicht.

Die Vorzüge dieses Systemes sind folgende: Die sichere Wirkungsweise der Lampen bei einfacher Construction und daher niedrigem Preise. Das Licht ist gelblich weiss bis rein weiss, frei von violetten Nuancen, die in Folge der Anwendung hochgespannter Ströme bei anderen Lampen oft lästig werden; es ist voll und daher nicht so blendend, die Anzahl der Lampen, welche in einen Stromkreis eingeschaltet werden können, ist eine sehr grosse, eine oder mehrere Lampen können beliebig ausgelöscht oder wieder angezündet werden, ohne die übrigen Lampen merklich zu beeinflussen; ebenso können auch nach Wunsch gleichzeitig Lampen für grössere und kleinere Lichter gespeist werden. Wegen der geringen Spannung der Ströme ist die Isolirung der Leitung einfach und daher billig, die Bedienung der Lampen während des Betriebes, ja selbst das Berühren blanker Stellen der Leitung ohne jede Gefahr.

Allerdings erfordert aber dieses System bedeutend mehr Leitungsmaterial als solche Systeme, bei welchen die Lampen nicht parallel, sondern hintereinander geschaltet werden. Dieser Umstand macht sich besonders dann geltend, wenn die Anlage eine grössere Ausbreitung hat, die Leitungen also lang werden. Da die durch diesen Umstand verursachten grösseren Kosten eine mit der Verschiedenheit der einzelnen Anlagen veränderliche Grösse ausmachen, lässt sich nicht allgemein sagen, in wieweit die Vor- und Nachtheile des Systemes sich ausgleichen.

Einer ganz eigenartigen Schaltung bedient sich Brockie. Wie bei Beschreibung seiner Lampe im III. Bande dieser Bibliothek mitgetheilt wurde, unterbricht ein Stromwechsler in gewissen Zeitabschnitten den Strom jenes Elektromagnetes, welcher durch seinen als Klemme gestalteten Anker die obere Kohle von Zeit zu Zeit bis zur Berührung mit der unteren herabgleiten lässt und dann sofort wieder durch Heben der oberen Kohle die normale Lichtbogenlänge herstellt.

Fig. 21.



Bei Anwendung mehrerer Lampen in einem Stromkreise bedarf man nur eines Stromwechslers oder Commutators für alle Lampen. Fig. 21 zeigt die Verbindung von 5 Lampen mit der Lichtmaschine und dem Commutator. Die Anordnung und Stromführung wird daraus leicht ersichtlich. Die Lampen 1—5 sind hintereinander in den Stromkreis der Lichtmaschine eingeschaltet, während ein sehr dünner Nebendraht zum Commutator führt. Letzterer besitzt drei Stifte (vergleiche Fig. 79, S. 183 des III. Bandes), von welchen der erste mit dem Elektromagnete der Lampe 5, der zweite mit den Elektromagneten der Lampen 4 und 2 und der

dritte endlich mit jenen der Lampen 5 und 1 verbunden ist. Als Rückleitung haben alle drei Drähte den Leitungsdraht des Hauptstromkreises gemeinschaftlich. Die Regulirung der Lichtbogen sämmtlicher Lampen erfolgt also eigentlich nur von einer Stelle aus, durch den bei der Maschine aufgestellten Commutator; es ist nicht zu leugnen, dass hierdurch das ganze Beleuchtungssystem bedeutend vereinfacht erscheint. Durch die abwechselnde Schaltung der Elektromagnete erfolgt ferner die Regulirung nicht in allen Lampen gleichzeitig, wodurch man das Blinken des Lichtes im ganzen Raume jedenfalls minder auffällig macht. Was endlich den Aufwand an Leitungsmaterial anbelangt, so ist dieser kein sehr bedeutender. Die Hauptleitung ist so kurz als möglich, da alle Lampen hintereinander geschaltet sind; die Nebenleitungen können aber, wenn man ihren Zweck bedenkt, sehr dünne Drähte sein. Den Werth dieses Systemes müssen allerdings erst weitere Versuche erweisen, bisher wurden die Erfolge noch sehr verschiedenartig beurtheilt.

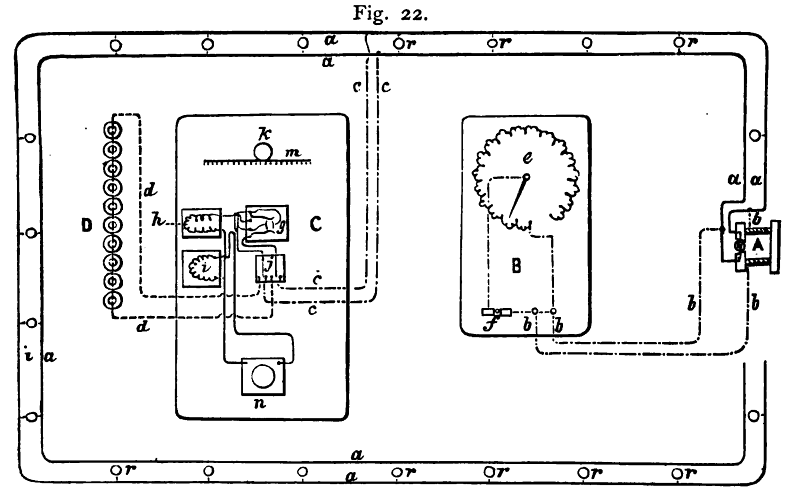
Von grossem Interesse sind die Leitungen und die Schaltungsweise, welche Edison anwendet, um ganze Stadtviertel mit Elektricität zu versorgen.

Von der Lichtmaschine ausgehend, haben wir zunächst noch über die S. 43 bereits erwähnte Stromregulirung genauere Angaben zu machen. Die Apparate, welche dazu angewandt werden, und deren Verbindungen mit der Maschine und den Leitungen sind in Fig. 22 schematisch dargestellt. Sie bilden zwei Gruppen, deren eine dazu dient, die jeweilige Stromstärke in der Hauptleitung zu messen, und deren zweite gestattet, diesen

Messungen entsprechend den Strom so zu reguliren, dass er immer die gewünschte normale Stärke behält.

Von der Maschine *A* geht der Strom durch die Leitungen *aa* zu den einzelnen Lampen *r*; *cc* sind Nebenleitungen, die von der Hauptleitung (Lampenleitung) ausgehen und zu einem Stromwechsler mit 4 Contacten *j* führen. Mit diesem steht der Stromwen-

Fig. 22.



der *g* in Verbindung; *h* ist ein sogenannter Widerstandskasten (Shunt), ein Apparat, der gestattet, verschieden grosse Widerstände in einen Stromkreis einzuschalten, *i* ein constanter Widerstand von 50.000 Ohms. Zu dem früher erwähnten Stromwechsler führen auch noch die Leitungen *dd* der Normalbatterie *D* von 110 Volts. *n* ist ein Thomson'sches Spiegelgalvanometer, *k* die Lampe desselben und *m* die dazu gehörige Theilung.

Der eigentliche Stromregulator *B* steht durch die Leitung *bb* mit den Umwindungen der inducirenden Magnete der Maschine *A* in Verbindung; bei *f* ist in dieser Leitung ein Unterbrecher eingeschaltet; *e* ist ein im Kreise drehbarer Hebel, der mit einer Leitung *b* verbunden ist und durch Berührung mit einem der ebenfalls im Kreise angeordneten Contacte den Stromkreis *bb* schliesst, indem er den Strom durch eine grössere oder kleinere Anzahl von Widerständen zu gehen zwingt, deren Endpunkte eben die Contacte sind.

Die Regulirung der Stromstärke zerfällt in zwei Operationen: die Messung der Stromstärke im Lampenkreise durch die Apparate *C*, *D*, und die Einschaltung grösserer oder geringerer Widerstände in den Stromkreis der inducirenden Magnete durch Drehung des Hebels *e*, entsprechend dem Ergebnisse der Messung. Zum leichteren Verständnisse vergleiche man die schematische Zeichnung mit der perspectivischen Ansicht in Fig. 23. Um die Strommessung vorzunehmen, stellt man die Arme des Stromwenders *j* nach rechts. Es geht dann ein Zweigstrom von der Lampenleitung *aa* aus durch *cc*, den Stromwender *j*, den Stromwechsler *g*, den constanten Widerstand *h* und den variablen Widerstand *i* zum Galvanometer *n*. Der constante Widerstand *h* von 50.000 Ohms ist deshalb eingeschaltet, damit der Hauptstrom nicht in seiner vollen Stärke, sondern nur ein diesem Widerstande entsprechender Theilstrom in das Galvanometer gelangen kann. Zweck des veränderlichen Widerstandes *i* ist, die Stromstärke noch weiter zu vermindern, wenn sie zur Messung im Galvanometer noch zu gross sein sollte. Der im Galvanometer circu-

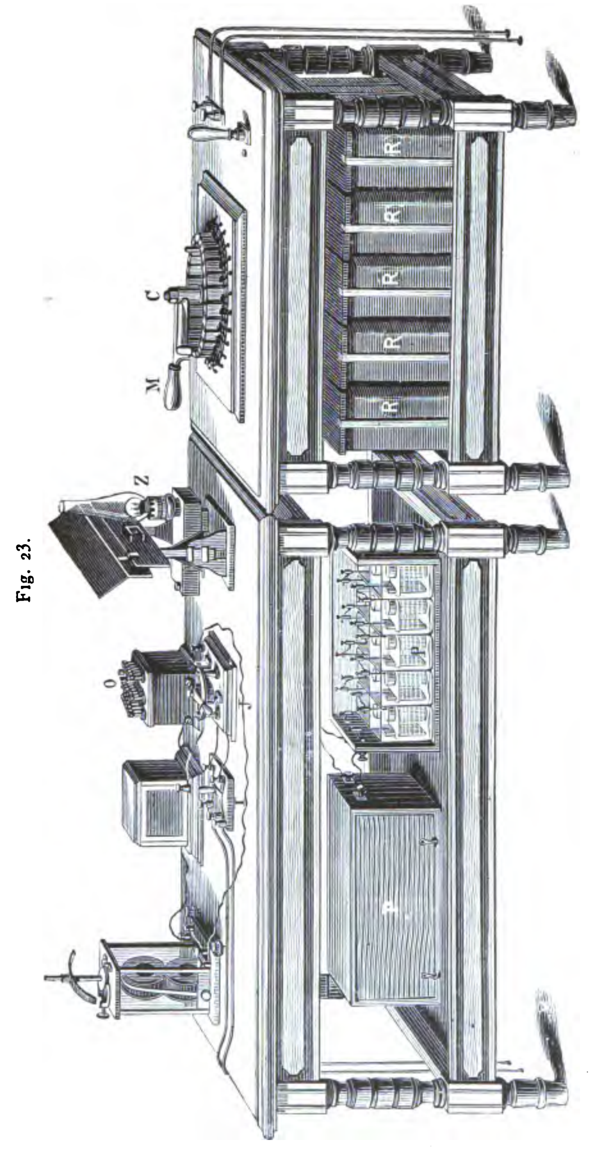


Fig. 23.

lirende Strom bewirkt eine seiner Stärke entsprechende Nadelablenkung, die mit Hilfe eines Spiegels und der Lampe *k* auf der Theilung *m* sichtbar gemacht wird. Die Theilung ist derartig, dass die Stromstärke eines Volts einen Ausschlag von drei Theilstrichen bewirkt.

Um nun zu erfahren, ob der Lampenstrom die normale Stärke besitzt, vergleicht man ihn mit dem Strome der Normalbatterie *D*, welche durch Drehung des Stromwechslers *j* nach links an die Stelle des Lampenstromes in die Galvanometerleitung eingeschaltet werden kann. Der Batteriestrom geht dann durch *j*, *g*, *h*, *i* zum Galvanometer. Giebt die Nadel denselben Ausschlag wie bei Einschaltung in den Lampenkreis, so hat der Strom seine normale Stärke. Ist dies nicht der Fall, so muss er durch Einschaltung von Widerständen dazu gebracht werden. Dazu dient der Apparat *B*. Die im Kreise angebrachten Contacte sind, wie früher erwähnt wurde, die Enden einer Reihe von Widerständen (in Figur 23 unter dem Tische bei *R* sichtbar). Sie bestehen aus parallelen Brettchen, die mit vier Stäben zusammengehalten werden. Auf letztere sind blanke Kupferdrähte gewickelt. Diese Einrichtung der Widerstände wurde gewählt, um eine zu grosse Erwärmung der vom Strome durchflossenen Drähte zu vermeiden. Je nach der Stellung des Hebels *e* (*C* in der perspectivischen Ansicht) ist nun ein grösserer oder geringerer Widerstand eingeschaltet.

Würde man den Widerstand in den Hauptstromkreis (Lampenkreis) einschalten, so könnte man die Stromstärke allerdings auch entsprechend reguliren, aber unter Verlust von Arbeit. Edison schaltet daher

die Widerstände in den Stromkreis der inducirenden Magnete ein, schwächt dadurch die inducirende Wirkung und somit auch den inducirten Strom, der die Lampen speist. Hiermit ist kein Arbeitsverlust verbunden, denn die Hauptarbeit des Motors besteht darin, die Anziehung zwischen den Magneten und der Armatur zu überwinden, d. h. die Armatur zu drehen; wird nun die Kraft der Magnete geschwächt, so ist auch diese Anziehung geringer, und somit hat auch der Motor eine geringere Arbeit zu leisten. Dies wird durch den Motor selbst bewirkt. Sobald nämlich durch die Regulirung die Magnete schwächer gemacht sind, würde der Motor, da er jetzt einen kleineren Widerstand gegen die Drehung zu überwinden hat, rascher zu gehen anfangen. Dadurch kommt aber sein Regulator zu kräftiger Wirkung und lässt nur mehr eine kleinere Menge Dampf in den Cylinder treten, so dass also die Geschwindigkeit des Motors constant bleibt, trotz der Verminderung der Bewegungswiderstände: der Motor arbeitet also mit geringerem Kraftaufwande.

Eine eigens hierzu angestellte Person hat bei der im Vorhergehenden besprochenen Stromregulirung stets den Gang der Magnetnadel im Galvanometer zu überwachen und dem entsprechend die Regulirung des Lampenstromes vorzunehmen. Die Lichtstärke der Lampen kann ausserdem noch durch ein Photometer in der Centralstation stets controlirt werden.

Die Leitungen, welche Edison benützt, werden aus Kupferstäben, deren Querschnitte Kreissegmente bilden, zusammengesetzt; sie liegen mit einander zugewandten ebenen Flächen innerhalb schmiedeeiserner

Röhren, welche im Innern mit Isolirmasse gefüllt, aussen zum Schutze gegen Rost mit getheerten Bändern umwickelt sind. Um jede gegenseitige Berührung der Kupferstäbe zu vermeiden, und die gleiche Entfernung derselben von einander auf der ganzen Länge zu bewahren, schiebt man ausgestanzte Pappscheiben, welche durch Schnüre in gewissen Entfernungen unter einander verbunden sind, über die Leiter, setzt diese in das Rohr ein und umgiebt sie mit einer Isolirmasse. Die so hergestellten Röhren können wie die Gasleitungsröhren in die Erde gelegt oder in unterirdischen Canälen geführt werden. Nachstehende Tabelle giebt die Querschnitte der Kupferstäbe und die Durchmesser der Röhren bei den gebräuchlichen unterirdischen Leitungen an:

Nr.	Querschnitt jedes Kupferstabes	Aeusserer Durchmesser des Rohres
1	830 Quad.-Mm.	82 Mm.
2	443 »	70 »
3	133 »	51 »
4	92 »	48 »
5	54 »	33 »
6	33 »	33 »
7	16 »	28 »

Mit der Entfernung von den Centralstationen und Verringerung der zu speisenden Lampenzahl nimmt, wie bei anderen Canalisationen, auch der Querschnitt dieser Leiter ab. Für solche von geringerem Durchmesser als Nr. 7 der Normalprofile bedient man sich, namentlich innerhalb der Gebäude, einfacher Kupferdrähte mit isolirender, unverbrennbarer Umhüllung.

Die Verbindung der Hauptleitung mit einer Nebenleitung wird hergestellt, indem man die Kupferstangen der Hauptleitung in eine eiserne Büchse führt (Fig. 24), entzwei schneidet und die zwei Enden jeder Leitung durch einen Bogen aus Rothguss mit einander wieder verbindet. An die Bogen schliessen sich dann die Zweigleitungen an.

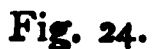
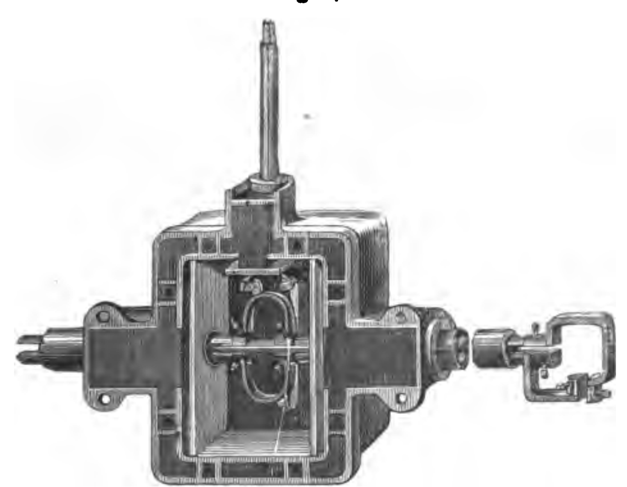


Fig. 24.



Bei rechtwinkeligen Abzweigungen gehen die Bogen in die Form eines Rechteckes über, wie dies die Figur zeigt. Die Büchse wird mit isolirendem Materiale ausgefüllt und darauf ein Deckel mit Schrauben befestigt. Aehnlich ist die Abzweigung der Zimmerleitungen von der Hausleitung (Fig. 25). Hierbei wird aber die Büchse nicht mit isolirendem Materiale ausgefüllt, sondern nur mittelst ihres Deckels und eines isolirenden Putzes hermetisch verschlossen. Die in der Büchse beiderseits

aufgebogenen Leitungsdrähte werden zu je einer Klemme geführt; von der einen Klemme, der oberen in der

Fig. 25.

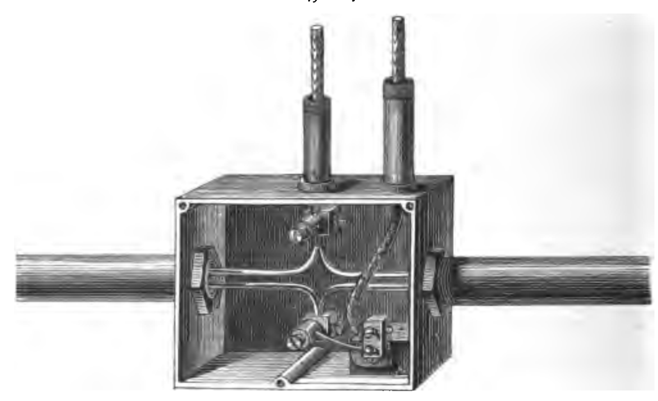
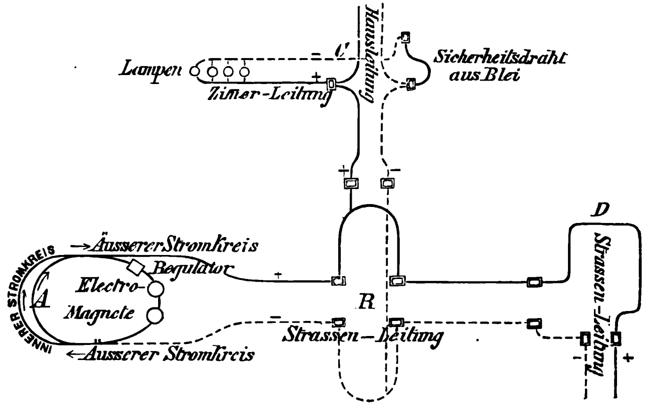


Fig. 26.



Figur, lässt man den einen Leitungsdraht ausgehen, während die untere Klemme durch einen Bleidraht mit einer dritten Klemme verbunden wird, von welcher der

zweite Leitungsdraht der Zimmerleitung ausgeht. Der Bleidraht ist eine Sicherheitsvorrichtung, um zu vermeiden, dass ein zu kräftiger Strom in die Zimmerleitung gelangt; sobald nämlich der Strom zu stark wird, erhitzt sich der Bleidraht so intensiv, dass er abschmilzt und so die Leitung unterbricht.

In Fig. 26 ist endlich der Zusammenhang zwischen Lichtmaschine, Regulator, Haupt-Neben-Zimmerleitung und Lampen schematisch dargestellt.

A ist die Maschine mit der Stromregulirung, *R* bedeutet die Abzweigung einer Hausleitung von der Strassenleitung, *C* eine solche der Zimmerleitung von der Hausleitung und *D* eine rechtwinkelige Abzweigung.

VII.

Die Lampen.

Die Anforderungen, welche an die Lampen gestellt werden, sind durchaus nicht in allen Fällen dieselben. Es ist deshalb unstatthaft, eine Lampe kurzweg als die beste zu bezeichnen. Die Mängel einer Lampe können deren Anwendung für einen bestimmten Fall ganz unzulässig erscheinen lassen, indess bei einer anderen Anlage eben diese Mängel ganz belanglos sind, ja die Vorzüge einer Lampe können in gewissen Fällen sogar als Nachtheile erscheinen. Um dies einzusehen, braucht man sich blos die Bedingungen vor Augen zu

halten, unter welchen die Lampe z. B. einerseits in einem mit Rauch, Russ und Staub erfüllten Fabrikslocale oder anderseits in Präcisionswerkstätten fungiren muss. Im ersteren Falle verlangt man nur entsprechende Erhellung des Raumes, im letzteren hingegen helles, aber auch ruhiges, constantes Licht. Man wird daher für Fabrikslocale obiger Art Lampen wählen, die sicher functioniren. solide, derbe Constructionen haben, die auch eine rauhe ungeschulte Hand vertragen, keine Theile besitzen welche leicht zerbrechlich sind oder durch Einfluss von Gasen und Dämpfen rasch unbrauchbar werden können; hingegen wird man sich über nicht ganz ruhiges Brennen, zeitweises Zucken oder Wechseln der Lichtintensität und Farbe, hinwegsetzen können. Nicht so in einer Präcisionswerkstätte; hier ist eine Lampe, die hinsichtlich der Constanz, der Farbe und Ruhe ihres Lichtes nicht Tadelloses leistet, nicht zu brauchen. In diesem Falle kann man aber auch Lampen verwenden, die einen feineren Regulirungsmechanismus besitzen, da dieser durch das Nichtvorhandensein der früher erwähnten schädlichen Einflüsse nicht gefährdet erscheint.

Die Wahl der Lampe kann auch dadurch beeinflusst werden, dass man in einem Falle Einzellicht, im anderen getheiltes Licht, entsprechend den localen Verhältnissen, zu nehmen veranlasst wird. Ferner ist die Entscheidung zwischen Glühlicht und Bogenlicht nicht im Vorhinein gegeben, wie dies aus den Vor- und Nachtheilen des einen und des anderen Lichtes (im IX. Capitel) klar werden wird. Bedingungen des günstigen Erfolges einer Beleuchtungsanlage sind auch die Zahl, Vertheilung und Aufhängehöhe der Lampen.

Die Zahl der zu verwendenden Lampen richtet sich nicht nur nach der Grösse des Beleuchtungsobjectes, sondern auch nach der Natur desselben. Es gilt auch hier der Satz: ein grosses Licht oder wenige grosse Lichter sind rationeller, weil billiger herzustellen und zu unterhalten, wie viele kleine Lichter. Hierbei darf aber der Umstand nicht ausser Acht gelassen werden, dass die Helligkeit mit dem Quadrate der Entfernung von der Lichtquelle abnimmt, dass also bei Anwendung eines grossen Lichtes in dessen Nähe grosse, vielleicht unnöthige Helligkeit herrscht, in geringer Entfernung aber die Helligkeit schon bedeutend abgenommen hat. Mit einem oder verhältnissmässig wenigen Lichtern kann also niemals eine gleichförmige Beleuchtung des ganzen gegebenen Raumes erzielt werden.

Die Aufhängehöhe und Vertheilung der Lampen wird im hohen Grade von der speciellen Beschaffenheit des zu beleuchtenden Objectes beeinflusst. Die unseren bisherigen Beleuchtungsmitteln bedeutend überlegene Intensität der elektrischen Lampen verlangt, dass diese bedeutend höher angebracht werden, wenn ihr Licht vortheilhaft verwerthet werden soll. Wird zunächst nur eine Lampe angewandt, so handelt es sich in der Praxis nicht darum, den Werth der Höhe h zu bestimmen, für welchen auf einer gegebenen Fläche vom Radius r die Totalsumme der auf diese Fläche ausgestrahlten Lichtmenge am grössten ist, sondern um jenen Werth für h, bei welchem der Rand der Fläche oder die Peripherie jener Kreisfläche, deren Mittelpunkt der Fusspunkt der Lampe ist, die grösste Helligkeit erhält. Dieser Werth von h ist von verschiedener Seite

berechnet worden, wobei sich als Resulat ergab:

$$h = 0{\cdot}707\, r.$$ *)

Es ist also in der Praxis eine etwa 0·7 des Radius betragende Höhe der Lampen über ihrem Fusspunkte anzustreben, eine Forderung, die allerdings nur in den seltensten Fällen realisirbar erscheint. Bei niedrigen Localen, wo man von diesem durch Rechnung gefundenen Werthe für die Aufhängehöhe gar zu weit abweichen müsste, wird es in der Regel besser sein, die weisse Decke hell zu beleuchten und durch Reflexion von dieser dem Locale das Licht zuzuführen. Auf diese Art wird auch die Beleuchtung gleichförmiger und die Schattenbildung ganz vermieden.

Bei der Anwendung mehrerer Lampen ist die zweckmässige Vertheilung derselben für den günstigen Erfolg von hervorragender Bedeutung. Uppenborn**) hat die Bedingungen einer solchen Vertheilung durch Rechnung festgestellt und für eine Reihe von Lampen als Bedingungen für eine gleich starke Bodenbeleuchtung näherungsweise folgende Gleichungen erhalten:

$$h_1 = 1{\cdot}5\,h \qquad r_1 = 1{\cdot}5\,r \qquad d = 2r_1 = 3r$$

Wenn daher für eine Lampe die Werthe h der Aufhängehöhe und r des Radius jener Fläche, deren Peripherie die verlangte Helligkeit hat, durch einen Versuch bestimmt sind, kann man nach obigen Gleichungen die Werthe h_1 und r_1 für eine Reihe von Lampen finden, die derart wirkt, dass die Bodenbeleuchtung eine gleich starke ist. Die Entfernung d zweier Lampen

---

*) Ph. Carl, Zeitschrift f. a. El.-L. II. S. 383 — Zetsche, Elektrotechn. Zeitschrift, II. S. 104.

**) Uppenborn, Zeitschrift f. a. El.-L. III. S. 244.

in dieser Reihe ist dann gleich $2 r_1$ oder $3 r$. Um eine Fläche gleichförmig zu beleuchten, wendet man natürlich nicht eine, sondern zwei oder mehrere Lampenreihen an, und versetzt dann die Lampen in den einzelnen Reihen gegeneinander. Je 4 Lampen bilden bei dieser Anordnung ein Quadrat, dessen Diagonale, den zu beleuchtenden Raum als rechtwinkelig vorausgesetzt, parallel zu den Seiten des Raumes ist. Es ist dann bequemer die Diagonale d_1 zur Berechnung zu verwenden. Diese ergiebt sich als Hypotenuse eines rechtwinkeligen Dreieckes, von dem jede Kathete gleich d oder $3 r$ ist, zu

$$d_1 = 1{\cdot}4\, d = 4{\cdot}2\, r.$$

Die auf S. 96 nach Uppenborn gegebene Tabelle gestattet für eine Lampe, eine Reihe und eine Fläche von Lampen jeder beliebigen Lichtintensität sogleich die günstigste Vertheilung und Höhe zu berechnen unter der Voraussetzung, dass man durch einen Versuch r_1 den Radius des von einer Lampe der Intensität I in dem gewünschten Helligkeitsgrade beleuchteten Kreises bestimmt hat. Hat man diesen Versuch einmal ausgeführt, so kann man nach der Tabelle jede Anlage disponiren. Natürlich können die so gewonnenen Resultate nur als Anhaltspunkte dienen, da dieselben durch locale Rücksichten und in geschlossenen Räumen durch Reflexion u. s. w. verändert werden.

Etwas abweichend von dem durch Rechnung ermittelten Werthe $h = 0{\cdot}7\, r$ der Höhe, in welcher eine elektrische Lampe über dem Mittelpunkte einer Kreisfläche vom Halbmesser r aufzuhängen ist, wenn sie den Umfang der Kreisfläche am hellsten erleuchten soll, hat sich die vortheilhafteste Höhe der Aufhängung

Eine Lampe			Reihe von Lampen			Fläche von Lampen	
Intensität	Höhe h	Radius r	Höhe H	Radius R	Theilung $D = 2\,R$	Theilung $D = 2\,R$	Diagonal-Theilung Δ
I	$0{\cdot}7\,r_1$	$1{\cdot}0\,r_1$	$1{\cdot}1\,R_1$	$R_1 = 1{\cdot}5\,r_1$	$3{\cdot}0\,r_1$	$3{\cdot}0\,r_1$	$4{\cdot}2\,r_1$
$2\,I$	$0{\cdot}7\,r_2$	$r_2 = 1{\cdot}4\,r_1$	$1{\cdot}1\,R_2$	$R_2 = 2{\cdot}1\,r_1$	$4{\cdot}2\,r_1$	$4{\cdot}2\,r_1$	$5{\cdot}9\,r_1$
$3\,I$	$0{\cdot}7\,r_3$	$r_3 = 1{\cdot}7\,r_1$	$1{\cdot}1\,R_3$	$R_3 = 2{\cdot}6\,r_1$	$5{\cdot}2\,r_1$	$5{\cdot}2\,r_1$	$7{\cdot}3\,r_1$
$4\,I$	$0{\cdot}7\,r_4$	$r_4 = 2{\cdot}0\,r_1$	$1{\cdot}1\,R_4$	$R_4 = 3{\cdot}0\,r_1$	$6{\cdot}0\,r_1$	$6{\cdot}0\,r_1$	$8{\cdot}4\,r_1$
$5\,I$	$0{\cdot}7\,r_5$	$r_5 = 2{\cdot}2\,r_1$	$1{\cdot}1\,R_5$	$R_5 = 3{\cdot}3\,r_1$	$6{\cdot}6\,r_1$	$6{\cdot}6\,r_1$	$9{\cdot}2\,r_1$
$6\,I$	$0{\cdot}7\,r_6$	$r_6 = 2{\cdot}4\,r_1$	$1{\cdot}1\,R_6$	$R_6 = 3{\cdot}7\,r_1$	$7{\cdot}4\,r_1$	$7{\cdot}4\,r_1$	$10{\cdot}4\,r_1$
$7\,I$	$0{\cdot}7\,r_7$	$r_7 = 2{\cdot}6\,r_1$	$1{\cdot}1\,R_7$	$R_7 = 4{\cdot}0\,r_1$	$8{\cdot}0\,r_1$	$8{\cdot}0\,r_1$	$11{\cdot}2\,r_1$
$8\,I$	$0{\cdot}7\,r_8$	$r_8 = 2{\cdot}8\,r_1$	$1{\cdot}1\,R_8$	$R_8 = 4{\cdot}2\,r_1$	$8{\cdot}4\,r_1$	$8{\cdot}4\,r_1$	$11{\cdot}8\,r_1$
$9\,I$	$0{\cdot}7\,r_9$	$r_9 = 3{\cdot}0\,r_1$	$1{\cdot}1\,R_9$	$R_9 = 4{\cdot}5\,r_1$	$9{\cdot}0\,r_1$	$9{\cdot}0\,r_1$	$12{\cdot}6\,r_1$
$10\,I$	$0{\cdot}7\,r_{10}$	$r_{10} = 3{\cdot}2\,r_1$	$1{\cdot}1\,R_{10}$	$R_{10} = 4{\cdot}7\,r_1$	$9{\cdot}4\,r_1$	$9{\cdot}4\,r_1$	$13{\cdot}2\,r_1$

elektrischer Lampen (aus den photometrischen Versuchen von R. J. Gülcher bestimmt) zu $h = 0{\cdot}667\, r$ ergeben. Dieser Werth weicht von dem anderen um $4{\cdot}7\%$ ab, und es wird dieser Unterschied durch die eigenthümliche Vertheilung der Lichtstärke bei Lichtern, welche von gleichgerichteten Strömen gespeist werden, erklärt.

Von hervorragender Wichtigkeit für das ruhige und gleichmässige Leuchten einer Lampe ist die Beschaffenheit der Kohlenstäbe. Die Eigenschaften, welche man von einer guten Kohle fordert, sind der Hauptsache nach folgende: Festigkeit, eine gewisse Elasticität, vollkommen homogene Masse und regelmässige Form. Ihre Festigkeit soll das Zerbrechen beim Zusammenstossen während der Regulirung und überhaupt bei der Manipulirung mit derselben verhindern. Aus demselben Grunde wird auch die Elasticität der Kohle innerhalb gewisser Grenzen verlangt.

Von der Homogenität hängt aber die Beschaffenheit des Lichtes wesentlich ab. Eine Kohle, die viele unorganische Beimischungen enthält, brennt unruhig und ungleichmässig, da sich aus diesen geschmolzene Kügelchen und Asche bilden, oder auch Gase entwickeln, welche zeitweise kleine Explosionen bewirken, dadurch die Kohle theilweise zerstören, kleine Partikelchen herumschleudern und ein knisterndes, mit Geräusch brennendes Licht liefern.

Dass auch ein veränderlicher Querschnitt des Kohlenstabes auf die durch sein Verbrennen entwickelte Lichtintensität einwirken muss, ist selbstverständlich. Ist die Axe der einander gegenübergestellten Kohlen keine Gerade, so ist ein genaues Einstellen der Kohlen-

spitzen gegen einander unmöglich, und die Kohlen müssen schief abbrennen. Dies wird dann besonders störend, wenn man gleichgerichtete Ströme anwendet, weil in diesem Falle die Kraterbildung an der positiven Kohle seitlich vor sich geht und daher die Hauptmasse der Lichtstrahlen auch seitlich geworfen wird.

Nicht ohne Belang sind ferner die Glasbedeckungen der Lampen und die Beleuchtungskörper, wie zum Beispiele Luster, Candelaber, Ampeln u. s. w. Die Glasbedeckungen schützen den Lichtbogen gegen Zugluft oder im Freien gegen Wind und Wetter. Sie sind aber ausserdem in den meisten Fällen noch deshalb nothwendig, weil das freie Bogenlicht zu sehr blenden würde. Durch die Glasbedeckung wird dieser Uebelstand beseitigt und das Licht besser zerstreut; allerdings büsst man dabei aber auch einen grösseren oder geringeren Percentsatz der Lichtintensität ein. Die Form der Beleuchtungskörper wird durch die Construction der Lampe und durch den Ort, an welchem sie leuchten soll, bedingt. Passende, für verschiedene Zwecke geeignete Formen sind theils bei der Besprechung der einzelnen Lampen, im Bande III der elektrotechn. Bibl., theils in den folgenden Capiteln dieses Buches abgebildet.

Zur Hintanhaltung einer Feuersgefahr durch Bogenlampen, schlägt die gelegentlich der Besprechung der Leitungen erwähnte Commission in Philadelphia vor, die Lampen mit Glasglocken zu umgeben und die untere Oeffnung derselben durch eine Metallschale abzuschliessen, welche etwa herabfallende glühende Kohlenstücke auffängt.

VIII.

Die Messung der Lichtstärke.

Man bekommt häufig zur Beurtheilung der Leistungsfähigkeit einer Lichtmaschine die Lichteinheiten angegeben, welche sie zu erzeugen im Stande ist. Leider hat man sich bisher noch nicht über ein allgemein giltiges Mass geeinigt. In Frankreich zählt man nach Carcelbrennern und versteht darunter eine Flamme von 40 Mm. Höhe, die mit Hilfe eines Dochtes von 30 Mm. Durchmesser durch Verbrennen von 42 Gr. gereinigten Rüböles per Stunde erhalten wird. In England gilt eine Spermaceti-Kerze, welche bei einer Flamme von 45 Mm. Höhe, 7·77 Gr. pro Stunde verbrennt, als Lichteinheit. In Deutschland rechnet man nach Paraffinkerzen (deutsche Vereinskerze) von 20 Mm. Durchmesser, die eine Flamme von 50 Mm. Höhe erzeugen. Der Docht ist aus 24 Baumwollfäden geflochten und hat im trockenen Zustande per Meter ein Gewicht von 0·668 Gr. Die Münchener Stearinkerze endlich verzehrt bei einer Flammenhöhe von 52 Mm. 10·2—10·6 Gr. Stearin, welch letzteres 76 bis 76·6% Kohlenstoff enthalten soll.

Nachstehende Tabelle zeigt die numerischen Beziehungen zwischen diesen Flammen:

Carcelbrenner	Spermaceti-K.	Deutsche Vereins-K.	Münchener-K.
1·0	7·435	7·607	6·743
0·134	1·0	1·023	0·907
0·132	0·977	1·0	0·887
0·148	1·102	1·128	1·0

Obige Zahlen bezeichnen aber keine absolut genauen Werthe, sondern gelten nur näherungsweise; es liegt dies in der Natur der Sache. Abgesehen davon, dass das Verbrennungsmaterial für die einzelnen Lichteinheiten durchaus nicht aus einfachen chemischen Verbindungen besteht, und deshalb die Zusammensetzung in den verschiedenen Fällen variiren wird, haben auch die sonstigen Verhältnisse, unter welchen eine Flamme brennt, erheblichen Einfluss auf deren Leuchtkraft. Der mehr oder minder regelmässige Zutritt des Sauerstoffes zur Flamme, also die Regulirung des Luftzuges im Lampenkasten des Photometers, das Verhalten des Dochtes, die ungleichmässige Befestigung der Kerze in Bezug auf ihre Höhe u. s. w., können die angegebenen Zahlen ganz merkbar verändern.

Um die Lichtintensität irgend einer elektrischen Lampe zu bestimmen, sie also mit einer der Normalflammen zu vergleichen, schlägt man gegenwärtig gewöhnlich folgenden Weg ein: Man beleuchtet eine weisse Fläche mit der Normalflamme, eine zweite ebensolche Fläche durch die zu messende Lichtquelle; beide Flächen sind so angeordnet, dass man sie unmittelbar

nebeneinander sieht, und dass jede Fläche nur von der ihr zugehörigen Lichtquelle beleuchtet wird. Hierauf ändert man die Entfernung der einen Lichtquelle von der weissen Fläche so lange, bis beide Flächen gleich hell erscheinen. Wie bekannt, nimmt die Helligkeit einer Fläche unter sonst gleichen Umständen mit dem Quadrate der Entfernung der Lichtquelle von der Fläche ab; man kann also aus der Entfernung der Lichtquelle bestimmen, ob und um wie viel stärker oder schwächer die Intensität der fraglichen Lichtquelle im Vergleiche zu jener der Normalflamme ist.

In den bisherigen Betrachtungen wurde die Richtung, in welcher die Lichtstrahlen auf die beiden Vergleichsflächen auffallen, nicht berücksichtigt. Es wurde vielmehr vorausgesetzt, dass stets beide Flächen von den Strahlen der zu vergleichenden Lichtquellen unter demselben Winkel getroffen werden. Soll die Messung irgend einen Werth haben, so darf von der Erfüllung dieser Bedingung auf keinen Fall abgegangen werden. Bei Vergleichung der bisher angewandten Flammen liess man deren horizontale Strahlen auf verticale Vergleichsflächen fallen, man hat also in der Horizontalebene gemessen, d. h. Normalflamme und die zu untersuchende Lichtquelle in einer und derselben horizontalen Ebene mit einander verglichen. Man konnte dies thun, da die Kerzen-, Leuchtgas-, Oel- und andere Flammen alle in der Horizontalrichtung ihre intensivsten Strahlen aussenden, und da überdies die Abnahme der Lichtintensität mit der Zunahme des Winkels, welchen die Lichtstrahlen mit der Horizontalebene einschliessen, sehr langsam erfolgt.

Ganz anders steht aber die Sache beim elektrischen Lichte: Bei Anwendung gleichgerichteter Ströme in Regulatorlampen sendet die positive Elektrode den weitaus grössten Theil der Lichtstrahlen aus, und zwar nicht in horizontaler Richtung, sondern in Richtungen, die mit letzterer einen Winkel von ca. 60° einschliessen. Die elektrischen Kerzen senden in der Richtung senkrecht zur Verbindungslinie der Kohlenspitzen die grösste Lichtmenge aus. Die Glühlichtlampen mit unvollständiger Leitungsfähigkeit geben in der Richtung senkrecht auf die Ebene des Kohlenbügels mehr Licht als in der Ebene desselben. Nur die mit Wechselströmen betriebenen Regulatorlampen zeigen annähernd ein ähnliches Verhalten bezüglich der Vertheilung ihrer Lichtstrahlen, wie die Kerzen-, Oel- und Gasflammen.

Würde man hier behufs Messung der Lichtstärke die elektrische Lampe und die Normalflamme in eine und dieselbe horizontale Ebene stellen, so müsste das Resultat der Messung offenbar ein ganz falsches werden. Man kann vielmehr nur so richtige Resultate erhalten, dass man entweder beide Lichter in der Richtung ihrer grössten Intensität misst, oder dass man das Mittel nimmt aus den Messungen im ganzen Umfange eines verticalen Kreises um die Normal-Flamme und um das elektrische Licht. Für den ersten Fall hätte man das Licht einer durch gleichgerichtete Ströme gespeisten Regulatorlampe unter einem Winkel von 50—60° zu messen. Fontaine zieht es jedoch vor, rund um den Voltabogen herum Messungen auszuführen, und das Mittel der letzteren zum Vergleiche mit der Normalflamme zu benützen. Die nachstehende

Tabelle giebt die Resultate derartiger Messungen für gleichgerichtete Ströme.

Ansicht von Unten		Ansicht von Oben		Bemerkungen
Neigung des beobachteten Lichtstrahles zur Horizontalen	Lichtstärke in Carcelbrennern	Neigung des beobachteten Lichtstrahles zur Horizontalen	Lichtstärke in Carcelbrennern	
0°	225	0°	225	Bei allen diesen Versuchen machte die Maschine 750 Touren, der Verbrauch an Betriebskraft war 202 Kg.-Mtr., der Abstand beider Kohlen 3 Mm., die Länge des Kabels 160 Mtr., die Abnützung der Kohlen 0·07 Mtr. per Stunde.
15°	400	15°	144	
30°	822	30°	130	
45°	1175	45°	119	
60°	1325	60°	79	
75°	1051	75°	21	
90°	0	90°	12	

Bei 24 Ablesungen (12 oberhalb und 12 unterhalb der Horizontalen) erhielt Fontaine als Mittel 458 Carcelbrenner. Es ist also die in horizontaler Richtung gemessene Lichtstärke ziemlich genau die Hälfte der mittleren Lichtstärke aus allen Richtungen. Es kann deshalb die Lichtstärke einer Lampe, die mit gleichgerichteten Strömen betrieben wird, gemessen werden, indem man diese Lampe; die Normalflamme und das Photometer in dieselbe Horizontale stellt und das so erhaltene Resultat mit 2 multiplicirt.

Bei Anwendung von Wechselströmen erhält man das Maximum der Intensität unter einem Winkel von

15^0 mit der Horizontalen. Nachstehende Tabelle giebt die Lichtstärken nach verschiedenen Richtungen bei Anwendung von Wechselströmen:

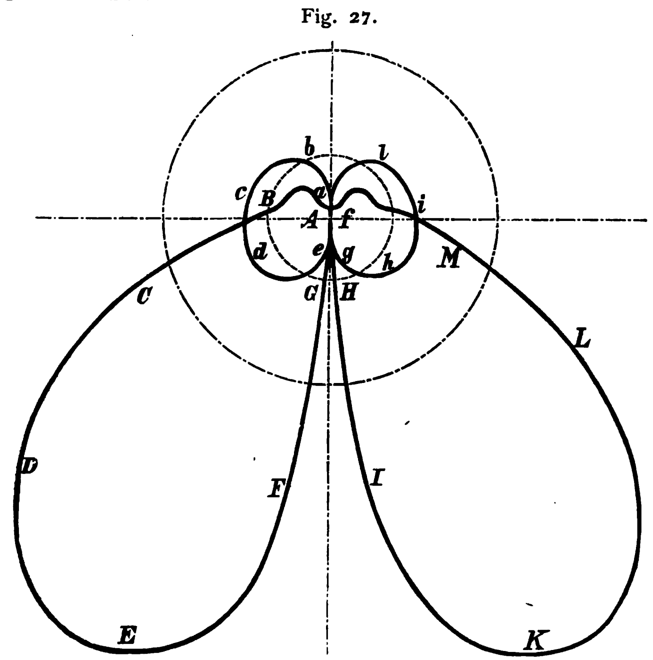
Ansicht von Unten		Ansicht von Oben		Bemerkungen
Neigung des beobachteten Lichtstrahles zur Horizontalen	Lichtstärke in Carcelbrennern	Neigung des beobachteten Lichtstrahles zur Horizontalen	Lichtstärke in Carcelbrennern	
0^0	225	0^0	215	Die erforderliche Betriebskraft war während der ganzen Dauer der Experimente 205 Kgmtr.
15^0	230	15^0	207	
30^0	325	30^0	195	
45^0	207	45^0	180	
60^0	180	60^0	160	
75^0	127	75^0	140	
90^0	0	90^0	0^0	

Hier gab das Mittel aus 24 Beobachtungen 160 Carcelbrenner, woraus sich das Verhältniss der totalen Lichtstärke einer Wechselstrom-Maschine zu einer Maschine mit gleichgerichteten Strömen wie 160:458 ergiebt. Die letztere liefert sonach bei demselben Kraftaufwande dreimal so viel Licht wie die erstere.

Figur 27 ist eine von Fontaine gegebene graphische Darstellung dieses Verhältnisses, und lässt die bedeutende Ueberlegenheit der Maschinen für gleichgerichtete Ströme über Wechselstrom-Maschinen deutlich erkennen. Die Linie *A, B, C, D, E, F, G, H, I, K, L,*

M, *A* bezieht sich auf die gleichgerichteten Ströme, die Linie *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, *f*, *g*, *h*, *i*, *l*, *a* auf die Wechselströme. Die punktirten Kreise entsprechen den respectiven mittleren Lichtstärken. Der Brennpunkt war im Scheitel beider Axen.

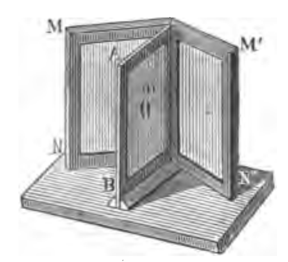
Fig. 27.



Um die Lichtmessung selbst vorzunehmen, bedient man sich am häufigsten des Photometers nach Bunsen. Dieses wird in seiner einfachsten Form auch von Edison angewandt. Die Lichtmessung stösst bei den Glühlicht-Lampen auf keine besonderen Schwierigkeiten, da sowohl die Intensität als auch die Farbe ihres Lichtes von jener des Gas- oder Kerzenlichtes wenig abweicht

Auf einem Schirme *A B* aus weissem Papier (Fig. 28) befindet sich ein Stearinfleck *m*, welcher den Papierschirm an dieser Stelle durchscheinend macht. Stellt man nun auf jede Seite des Schirmes eine Lichtquelle und betrachtet eine, z. B. die rechte Seite des ersteren, so erscheint diese im Allgemeinen ungleichförmig beleuchtet. Die stearinfreie Fläche reflectirt die Strahlen der rechts gestellten Lichtquelle in das Auge und erscheint in der der Menge dieser reflectirten Strahlen entsprechenden Helligkeit; der Stearinfleck lässt hingegen die Lichtstrahlen der rechtsseitigen Lichtquelle zum grössten Theile durch, und erscheint in einer Helligkeit, die der Menge jener Lichtstrahlen entspricht, welche die linksseitige Lichtquelle durch den Stearinfleck direct in das Auge sendet. Sonach wird der Stearinfleck heller erscheinen als die ihn umgebende ungetränkte Papierfläche, wenn die hinter dem Schirme (links) befindliche Lichtquelle stärker ist als die vordere, dunkler, wenn das Umgekehrte der Fall ist, und beide erscheinen gleich hell, wenn beide Lichtquellen gleich stark sind; man erkennt dies daran, dass dann der Stearinfleck unsichtbar wird.*) Sind die Lichtquellen von ungleicher Intensität, so kann das Verschwinden des Stearinfleckes durch Verschieben des Schirmes

Fig. 28.

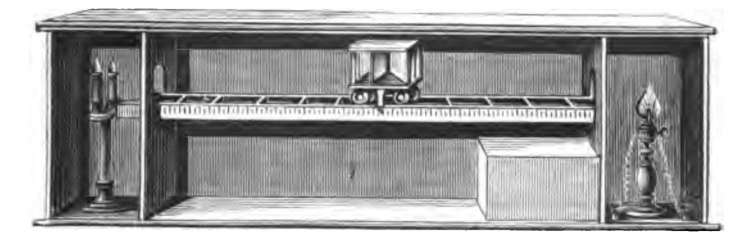


*) Diese Erklärung ist nur eine beiläufige; bezüglich strenge richtiger Angaben muss auf irgend ein Lehrbuch der Physik verwiesen werden.

zwischen beiden Lichtern bewirkt werden, da hierdurch die Entfernungen geändert werden und, wie wir wissen, die Intensität einer beleuchteten Fläche im Quadrate mit der Entfernung abnimmt.

Um beide Flächen des Papierblattes gleichzeitig beobachten zu können, hat Edison zwei schief gestellte Spiegelscheiben MN und $M^1 N^1$ angebracht. Diese ganze Vorrichtung lässt sich mittelst Räder auf einem eisernen Lineale verschieben, an dessen einem Ende die Vergleichsflamme, an dessen anderem die zu messende

Fig. 29.



Glühlichtlampe aufgestellt ist. (Fig. 29.) Der Photometerwagen ist mit einem Zeiger versehen, welcher auf der Theilung des Lineals nicht die Entfernungen, sondern direct die Lichtstärken der Lampe angiebt.

Handelt es sich um die Messung der Lichtstärke von Bogenlampen, so wird die Aufgabe complicirter, da einerseits die Lichtstärke derselben im Verhältnisse zur Einheit (Normalflamme) ausserordentlich gross ist, andererseits aber auch die Farben der zu vergleichenden Lichter wesentlich verschieden sind. Um unter diesen Umständen gleiche Helligkeit der Vergleichsflächen zu erhalten, muss man die Bogenlampen in grosser Ent-

fernung aufstellen, also grosse Räume zur Verfügung haben, und um die Gleichheit der beiden Helligkeiten beurtheilen zu können, die Farben beider Lichter gleich machen. Letzteres kann durch Anwendung gefärbter Gläser erreicht werden, ersteres umgehen Ayrton und Perry *) dadurch, dass sie die Helligkeit des beleuchteten Schirmes nicht durch Entfernung der Lampe auf 40 oder 80 Fuss, sondern durch Lichtzerstreuung mittelst einer Concavlinse schwächen.

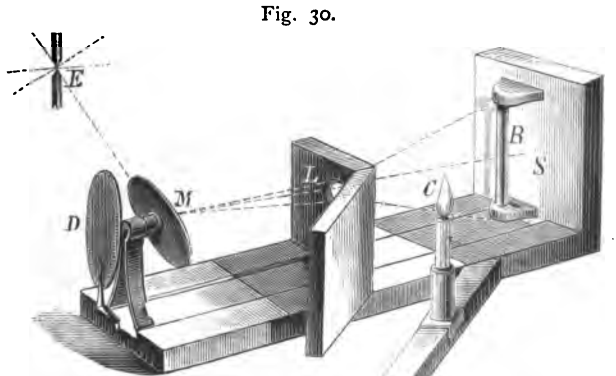
Fig. 30 zeigt eine einfache Form dieses Zerstreuungsphotometers. Es ist einfach eine Anwendung der Rumford'schen Messungsmethode unter Mitbenützung einer Concavlinse. Ausserdem hat dasselbe eine Einrichtung zur Messung der relativen Intensität von Strahlen, welche in verschiedener Richtung von der Lampe kommen. Wenn nur horizontal von der Lampe kommendes Licht zu messen ist, werden der Spiegel *M*, der Theilkreis *D* und der Träger dieser Theile entfernt. Sollen aber in verschiedenen Richtungen von der Lampe kommende Strahlen gemessen werden, so lässt man Strahlen von der Lampe *E* auf den Planspiegel *M* fallen, und diese können nur untersucht werden, wenn Einfalls- und Reflexionswinkel gerade 45^0 betragen. So werden alle zu untersuchenden Strahlen unter gleichem Winkel reflectirt und erleiden gleiche relative Absorption. Die Strahlen gehen nun durch die Concavlinse *L*, werden zerstreut und entwerfen einen Schatten des Stabes *R* auf dem weissen Papierschirme *S*. Die Kerze *C* entwirft einen zweiten Schatten

*) Die zukünftige Entwicklung der Elektrotechnik, Vortrag von John Perry.

von R auf dem Schirme. Wenn die Dunkelheit der zwei Schatten gleich ist, was durch grobe Einstellung der Kerzen für Tausende von Kerzenstärken, und feinere Einstellung des Linsenabstandes gemacht werden kann, so giebt die Scala die Lichtstärke in Normalkerzen an.

Der Drehungswinkel des Kreises D, der sich mit dem Spiegel um eine horizontale Axe dreht, kann an einem festen Index abgelesen werden und ist genau

Fig. 30.



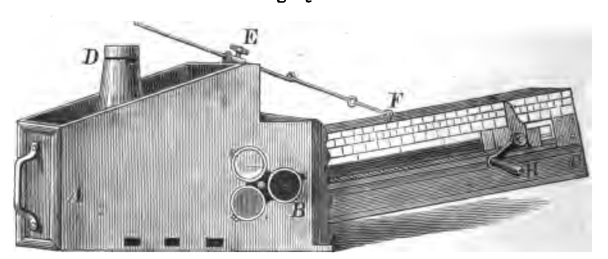
der Neigungswinkel, den die von der Lampe kommenden und durch die Linsenmitte gehenden Strahlen mit der Horizontalen bilden. Die Einrichtung ist so, dass das Licht der Kerze und das zu prüfende Licht unter ziemlich gleichen Winkeln auf den Schirm fallen, so dass die Breiten der beiden Schatten nahezu gleich sind.

Der Beobachter macht die Farben gleich, indem er erst durch grünes und dann durch Rubinglas sieht.

Eine zweite Form des Dispersionsphotometers von Ayrton und Perry ist in Figur 31 abgebildet. In dem Kasten AB befindet sich unter dem Schorn-

steine *D* die Normalkerze und beleuchtet eine in diesem Kasten angebrachte weisse Fläche aus Zeichenpapier. Die Lichtstrahlen der elektrischen Lampe gelangen durch die hölzerne Röhre *BC* auf einen zweiten, ebensolchen Papierschirm, der gleichfalls im Kasten *AB* angebracht ist. Vorher passiren sie aber eine bei *H* befindliche Zerstreuungslinse (Concavlinse). Letztere kann durch die bei *H* angebrachte Kurbel in der Holzröhre *BC* verschoben werden, wodurch eine gleich helle Beleuchtung der beiden Papierschirme im Kasten

Fig. 31.



AB bewirkt wird. In diesem Kasten sind ferner zwei Planspiegel angebracht, welche die Bilder der Papierschirme derart nach *B*, die Beobachtungsöffnung, werfen, dass jedes Bild genau die Hälfte dieser kreisförmigen Oeffnungen ausfüllt. Um die Farben beider Bilder gleich zu machen, wird ein grünes oder ein rothes Glas vor die Oeffnung gedreht. Die Intensität des elektrischen Lichtes liest man auf der, am Rohre *BC* angebrachten Scala direct in Normalkerzen ab. Durch die Stangen *EF* kann die Holzröhre *BC* eine beliebige Neigung gegen den Kasten *AB* erhalten, wodurch die Messung der Lichtstrahlen verschiedener Richtung ermöglicht

ist. Um das Eindringen fremden Lichtes zu verhindern, ist die Verbindungsstelle zwischen Holzröhre und Kasten mit schwarzem Tuche überkleidet.

Von den bisher geschilderten Messungsverfahren principiell abweichend ist die Messungsmethode, welche Preece, der Präsident der »Society of Telegraphic Engineers«, vorschlug,*) und welche für die Praxis ganz gut geeignet erscheint. Sie besteht darin, dass man die Lichtintensität durch die Fähigkeit ausdrückt, eine gewisse Bodenfläche in einem bestimmten Grade zu erhellen. Preece unterscheidet 3 Helligkeitsgrade. Bei dem ersten Helligkeitsgrade kann jede feine Arbeit, welche sonst eine 2—3 Fuss engl. entfernte Gasflamme erfordert, verrichtet werden; bei dem zweiten Helligkeitsgrade kann eine Zeitung überall bequem gelesen werden; bei dem dritten Helligkeitsgrade sind die entferntesten Punkte der zu beleuchtenden Bodenfläche ebenso stark beleuchtet, wie bei intensivem Mondschein. Jede Aussenarbeit, wie Graben, Nivelliren, Verladen von Wagen und dergleichen kann bei jeder Beleuchtung leicht ausgeführt werden.

Die Tabelle auf S. 113 giebt die Grössen der in diesen drei Helligkeitsgraden beleuchteten Bodenflächen bei Anwendung verschiedener Maschinen und gleichem Kohlenverbrauche an.

Bei der Bestimmung der Helligkeitsgrade war die Beleuchtung der entferntesten Punkte der Bodenfläche massgebend.

Die Tabelle auf S. 112 lässt das Verhältniss zwischen Helligkeitsgrad und Lichtstärke in Normalkerzen erkennen

*) Crompton, Die elektrische Beleuchtung.

Installationen	Fabrikant der Maschinen	Lichtstärke per Flamme in Normalkerzen	Arbeitpr. Flamme in Pferdekräften	Höhe der Lampe über dem Boden in Metern	Helligkeitsgrad	Beleuchtete Bodenfläche in Metern
Stanton Iron Works Comp. Modellgebäude	Gramme	4000	2 1/2	4·88	1	232
alte Giesserei	»	4000	2 1/4	4·88	1	268
neue Giesserei	»	4000	2 1/2	5·49	1	444
Montirwerkstatt	»	4000	2 1/2	6·10	2	920
St. Enoch's Station, Glasgow	»	4000	2 3/4	13·12	2	1670
Liverpool Street Station, London	Brush	2000	1	5·49	3	1170
Alexander-Palast Lakes	Gramme	4000	4	12·20	3	6700
» » Groocs	»	4000	4	12·20	3	7400
Walham Green Fêtes	»	4000	4	10·67	3	83600
Barden Works, small lights	»	4000	3 1/4	22·87	3	26000
Blakpool Promenade and Pier	Siemens	6000	4	18·30	3	81000
Alexandra Palace Japanese Village	Gramme	4000	7	9·15	3	103800
Barden Works, large lights	»	8000	9	24·40	3	234000

Name der Maschine	Beleuchtete Bodenfläche in Qu.-Mtr.			Kohlenverbrauch pro Stunde in Kgr.
	1. Helligkeitsgrad	2. Helligkeitsgrad	3. Helligkeitsgrad	
Brush . . .	13·40	41·85	116·9	0·5
A. Gramme .	27·50	139·0	711·5	0·5
B. Gramme .	15·07	83·7	3348	0·5
D_2 Siemens .	16·74	83·7	3012	0·5

und giebt gleichzeitig die Aufhängehöhe der Lampe und den Kraftverbrauch an.

IX.

Das elektrische Licht und die Gasbeleuchtung.

Gegenwärtig kann man kühn behaupten, dass der Kampf des elektrischen Lichtes mit dem Gaslichte bereits auf allen Linien in der heftigsten Weise entbrannt ist. Musste schon vor einigen Jahren das Gaslicht von der Concurrenz mit dem elektrischen Lichte überall dort zurücktreten, wo es sich darum handelt eine möglichst grosse Lichtintensität an einem oder an wenigen Punkten zu concentriren, wie dies bei Leuchtthürmen, Signallichtern etc. der Fall ist, so nimmt heute

das elektrische Licht den Kampf auch schon dort auf, wo es gilt, kleinere Räume zu erhellen, wo die Anwendung vieler kleiner Lichter erforderlich ist, wie z. B auf den Bühnen unserer Theater, in den Wohnungen, Cajüten der Schiffe u. s. w. Die Aufnahme des Kampfes an diesen Orten wurde durch die bedeutenden Erfolge ermöglicht, welche das Glühlicht in den letzten Jahren errungen hat. Es ist nur noch eine, allerdings sehr wichtige, Bedingung zu erfüllen, um den Sieg der elektrischen Beleuchtung zuzuwenden: Der Preis des elektrischen Lichtes darf jenen der Gasbeleuchtung nicht übersteigen. Doch auch zur Erreichung dieses Zieles sind mit Einrichtung von Centralstationen für Elektricität bereits die ersten Schritte gethan.

An Lichtfülle und Glanz ist das elektrische Licht allen übrigen Beleuchtungsmitteln weit überlegen. So hat z. B. Gramme Maschinen gebaut, die ein Licht erzeugen, dessen Intensität 200.000 Carcelbrennern entspricht. Auch die Farbe des elektrischen Lichtes ist jener des Gaslichtes vorzuziehen, da sie sich mehr dem Weiss des Sonnenlichtes nähert, während das Gaslicht in Folge des Ueberwiegens der rothen und gelben Strahlen gelblichroth erscheint. Eingehende Untersuchungen über die Farben des Sonnen-, elektrischen und Gaslichtes sind u. A. auch von O. E. Meyer*) ausgeführt worden. Bekanntlich hat Newton durch eine Reihe von Experimenten gezeigt, dass das Sonnenlicht, welches wir als weiss bezeichnen, aus Lichtstrahlen aller Farben zusammengesetzt ist, und dass eben nur die Vereinigung aller dieser Strahlen weisses Licht giebt.

*) Ph. Carl, Zeitschrift für angewandte Elektricitätslehre, I. S. 320.

Das Mittel, um das Licht irgend einer Lichtquelle auf seine Bestandtheile zu untersuchen, ist ein dreiseitiges Glasprisma. Lässt man durch dieses Strahlen irgend einer Lichtquelle in geeigneter Weise durchgehen, so werden diese Strahlen derart in ihre farbigen Bestandtheile zerlegt, dass die einzelnen Farben nebeneinander, als sogenanntes Spectrum der Lichtquelle erscheinen. In dieser Art hat Meyer das Licht der Sonne, das Gas- und das elektrische Licht in seine farbigen Bestandtheile zerlegt und die Intensitäten derselben bei den genannten Lichtquellen unter einander messend verglichen. Er gelangte hierbei zu folgenden Resultaten:

1. Die Helligkeit der Farben im Gasspectrum nimmt im Vergleiche mit der des Sonnen- und Tageslichtes, vom rothen bis zum violetten Ende des Spectrums hin, stetig ab.

2. Auch im Vergleiche mit dem elektrischen Lichte nimmt die Helligkeit der Farben des Gaslichtes vom rothen bis zum violetten Theile des Spectrums stetig ab.

3. Die Vergleichung des elektrischen mit dem Sonnenlichte ergab, dass das Sonnenlicht in den mittleren Theilen des Spectrums (im Grün und Blau) heller leuchtet als das elektrische Licht, während das letztere, wenigstens unter sonst günstigen Umständen, in den äussersten Theilen (Roth einerseits, Violett anderseits) überwiegen kann.

Aus diesen Resultaten ersieht man, dass das Gaslicht sowohl gegenüber dem elektrischen, als auch dem Sonnenlichte röthlichgelb erscheinen muss, dass aber auch das elektrische Licht gegenüber dem Sonnenlichte

gelblich erscheint. Und in der That, wenn man zwei Flächen, die von je einem dieser Lichter bestrahlt sind, neben einander vergleicht, sieht man die vom elektrischen Lichte erhellte Fläche gelblich, die von der Sonne erleuchtete weiss.

In vielen Fällen kann die Zusammensetzung des Lichtes ebenso wichtig, ja noch wichtiger sein, als die Intensität desselben. Solche Fälle treten ein, wenn es sich um das genaue Erkennen der natürlichen Farbe und die sichere Farbenunterscheidung der beleuchteten Gegenstände, oder wenn es sich um chemische Wirkungen des Lichtes handelt. Unter natürlicher Farbe eines Gegenstandes versteht man jene Farbe, welche er im Tageslichte zeigt; diese kommt dadurch zu Stande, dass der Körper von den empfangenen Strahlen nur einen Theil zurückwirft, den anderen aber absorbirt. Er wird z. B. blau erscheinen, wenn er die rothen, gelben, grünen beinahe vollständig und zum grössten Theile auch die violetten Strahlen absorbirt, die blauen aber ungeschwächt zurückwirft. Fehlen jedoch im auffallenden Lichte die letzteren ganz oder zum Theile, so werden die anderen Farben mehr zur Geltung kommen und den Körper von mehr oder weniger grüner Farbe erscheinen lassen. Dies ist auch die Ursache, warum Blau und Grün bei Beleuchtung durch Gas schwer oder gar nicht zu unterscheiden sind. Es ist aber nicht blos angenehm, die Gegenstände in ihren natürlichen Farben auch bei künstlicher Beleuchtung sehen zu können, sondern in vielen Fällen von hohem praktischen Werthe. So können z. B. Spinnereien, Webereien, Buntdruckereien gewisse Arbeiten nur bei Tageslicht machen, da die

bisher üblichen Beleuchtungsarten die Unterscheidung gewisser Farben und feiner Farbennuancen nicht gestatten. Gegen diese Uebelstände schafft die Einführung der elektrischen Beleuchtung sichere Abhilfe. Allerdings muss man dabei dafür Sorge tragen, dass das Licht kein Ueberwiegen der violetten Strahlen zeigt, wie dies in Folge der Anwendung hochgespannter Ströme einzutreten pflegt. Hingegen wird der Reichthum an violetten Strahlen förderlich sein, wenn es sich um seine Verwerthung zu photographischen Zwecken handelt.

Ein weiterer Vortheil des elektrischen Lichtes ist die Erhöhung der Sehschärfe überhaupt. So fand der Augenarzt Dr. Happe,*) dass, wenn man die Sehschärfe bei Tageslicht gleich 1 setzt, dieselbe bei Gaslicht auf 0·5—0·7 sinkt, bei elektrischem Lichte aber auf 1·2—1·5 steigt. Auch wurde die Sehschärfe für die einzelnen Farben untersucht und als Gesammtresultat gefunden, dass die Sehschärfe bei elektrischer Beleuchtung durchweg erhöht wird, dass das Roth viel weiter noch als Roth, das Grün als Grün empfunden wird, dass das Blau in bedeutend grösserer Entfernung sichtbar wird, der Sinn für die Empfindung des gelben Lichtes verdoppelt, verdreifacht, ja selbst versechsfacht werden könne, wenn an Stelle des Tageslichtes die elektrische Beleuchtung tritt. Auch dieser Umstand ist für die Praxis von Belang, da durch das bessere Sehen ein rascheres und besseres Arbeiten erzielt wird.

In einer Versammlung des naturwissenschaftlichen Vereines in Braunschweig wurden durch Dr. Happe

---

* Elektrotechn. Zeitschrift II., S. 218.

und Professor Blasius auch die übrigen hygienischen Eigenschaften des elektrischen Lichtes besprochen; hierher zählen die Reinhaltung der Luft und deren geringe Erwärmung. Jeder Leuchtstoff, sei er gasförmig, flüssig oder fest, bedarf zu seiner Verbrennung einer gewissen Menge Sauerstoffes; soll die Verbrennung nicht nachweislich gesundheitsschädlich wirken, darf durch sie nur Wasser und Kohlensäure gebildet werden. Ja selbst in diesem idealen Falle, von dem bei keiner Beleuchtung, mit Ausnahme der elektrischen, die Rede sein kann, würde einerseits durch den Verbrauch von Sauerstoff und andererseits durch Production von Kohlensäure eine naturgemässe, nicht zu vermeidende Verschlechterung der Luft in geschlossenen Räumen eintreten. Beim Leuchtgas kommen hiezu noch die Explosionsgefahr und die Möglichkeit einer Vergiftung durch Ausströmen aus undichten Stellen, Offenlassen eines Hahnes etc. Schon ein Gehalt von 2—3% Leuchtgas in der Luft verursacht bei längerer Einathmung den Tod. Layet hat in der Sectionssitzung des internationalen Congresses für Hygiene zu Turin ein sehr düsteres Bild von dem nachtheiligen Einflusse der Gasbeleuchtung auf die Gesundheit entworfen und den Wunsch ausgesprochen, dass das elektrische Licht baldmöglichst die Gasbeleuchtung verdrängen möge.

Die schädliche Einwirkung des Gaslichtes auf die Luft in geschlossenen Räumen ergiebt sich auch aus folgendem Beispiele. 6 elektrische Lampen erzeugen durch Verbrennung ihrer Kohlenstäbe 2—3 Kubikfuss Kohlensäure, Gasflammen von derselben Lichtintensität circa 1500 Kubikfuss. Zur Herbeischaffung des dazu noth-

wendigen Sauerstoffes und Erhaltung einer halbwegs erträglichen Temperatur müssten in diesem Falle circa 25.000 Kubikfuss frische Luft per Minute herbeigeschafft werden. Diese Umstände kommen überall dort in Betracht, wo grosse Ansammlungen von Menschen stattfinden, wie in Theatern, Concertsälen u. s. w.; ferner in Bergwerken und bei Tunnelbauten. Die schädliche Einwirkung der Verbrennungsproducte des Leuchtgases macht sich aber nicht nur auf die Gesundheit der Menschen geltend, sondern übt auch auf Gegenstände einen ungünstigen Einfluss aus. Das Verfärben oder Schwarzwerden der Gemälde, das Mattwerden der Metallverzierungen ist ebenfalls der Einwirkung der Verbrennungsproducte des Gases zuzuschreiben und wird bei Benützung der elektrischen Beleuchtung vermieden.

Die Feuersgefahr ist bei Anwendung des elektrischen Lichtes durch den Voltabogen wesentlich vermindert, bei Anwendung der Glühlichtlampen, wie sie Edison, Swan, Maxim u. a. construirten, absolut ausgeschlossen.

Bei Aufzählung dieser bedeutenden Vorzüge des elektrischen Lichtes darf aber auch seiner Nachtheile und Fehler nicht vergessen werden. Hierzu ist das Verhalten des elektrischen Lichtes bei seiner Theilung zu rechnen. Während das Leuchtgas einer beinahe unbegrenzten Theilbarkeit, ohne irgend welchen Verlust zu erleiden, fähig ist, steigt bei Theilung des elektrischen Lichtes die Einbusse an Lichtstärke sehr rasch mit dem Fortschreiten der Theilung. Es wurde bereits im III. Bande dieser Bibliothek, Seite 19, nachgewiesen, dass die von einer und derselben Lichtmaschine unter

sonst gleichen Umständen erzeugte Gesammtlichtstärke beiläufig mit dem Quadrate der Lampenzahl abnimmt. Dieser Nachtheil des elektrischen Lichtes gegenüber dem Gaslichte kann nur durch billige Stromerzeugung in grossen Centralstationen compensirt werden.

Die elektrische Beleuchtung erfordert während ihres Betriebes eine Bedienung von Seite des Consumenten sowohl für die Lichtmaschine und deren Motor (so lange nicht Centralstationen den Strom liefern), als auch der Lampen zum Auswechseln der Kohlenstäbe, während man sich bei der Gasbeleuchtung, sobald die Flammen einmal angezündet sind, nicht mehr darum zu sorgen braucht.

Die elektrische Beleuchtung kann auch feuergefährlich werden und das Leben oder die Gesundheit der Menschen bedrohen. Die Quellen der Feuersgefahr liegen in den Leitungsdrähten und Lampen. So lange die elektrischen Ströme durch hinreichend gute Leiter fliessen, sind sie vollkommen ungefährlich; gehen sie aber durch solche von nicht ausreichender Leitungsfähigkeit, so treten gewissermassen Stauungen ein. Die Bedingungen hierfür sind: Entstehung eines kurzen Schlusses dadurch, dass die Zu- und Ableitungen durch Metallpulver, dünne Drähte, etwa mit Salzen imprägnirtes Holz theilweise mit einander verbunden werden, sich erwärmen und auf diese Weise brennbare Körper bis zur Entzündung erhitzen können. Leitungen, die nicht isolirt auf Holz befestigt sind, leisten ganz gute Dienste, so lange das Holz nicht feucht wird oder Drähte wegen nicht genügender Befestigung nicht in Berührung kommen. Ein kurzer Schluss kann auch durch Reissen der Leitung

oder durch Darauffallen eines anderen Drahtes auf die Hin- und Rückleitung des Lichtstromes entstehen. Bei Lampen mit Voltabogen muss, wenn deren viele, z. B. 30—40, in einen Stromkreis geschaltet werden, die Spannung der Ströme eine hohe sein. Erlöschen hierbei mehrere Lampen gleichzeitig, so wird die elektromotorische Kraft für die übrigen Lampen so gross, dass die Bogenlängen ausserordentlich wachsen; dann werden die metallischen Kohlenhalter und andere Theile der Lampe zu Polen, zwischen denen der Bogen übergeht, das Metall schmilzt, und es entsteht ein sehr gefährliches Verbrennungscentrum. Auch durch Abspringen glühender Kohlenstücke kann Feuersgefahr eintreten. Die Mittel zur Verhütung derselben wurden bereits Seite 98 angegeben.

Gefahren für das Menschenleben können nur durch Anwendung hochgespannter Ströme eintreten. Man bedient sich derselben bekanntlich, um eine grössere Anzahl von Lampen in einen Stromkreis hintereinander schalten zu können. Am weitesten ist hierin bis jetzt die Brush-Company gegangen, die bis zu 40 Lampen in einem Stromkreise betreibt. Derartige Einrichtungen sind nicht zu billigen und sollten in Rücksicht auf die öffentliche Sicherheit nie zur Anwendung kommen. Die Gefahr für das Menschenleben wird noch grösser, wenn gleichzeitig mit der hohen Spannung Wechselströme zur Anwendung kommen, da deren physiologische Wirkung in Folge ihrer Alternirung eine noch gefährlichere ist. Der Standpunkt einer billigeren Anlage darf hier nicht in Betracht gezogen werden, um so weniger, als ohnehin auch der Betrieb ein viel unsicherer wird als bei An-

wendung mässiger Spannungen. Bei Systemen, die mit so hohen Spannungen arbeiten, wie die Brush-Company, hat das Berühren der Hin- und Rückleitungsdrähte, der Polklemmen der Lampe oder Maschine sofort den Tod zur Folge. Aber auch das Berühren nur einer Leitung oder einer Klemme kann indirect verderbenbringend wirken, wenn durch ungenügende Isolirung eine Rückleitung durch die Erde möglich wird, was während nasser Witterung bei Benützung blanker Leitungsdrähte im Freien nur zu leicht eintreten kann. Auch kann der durch einseitiges Berühren erhaltene an und für sich nicht todbringende Schlag zu unwillkürlichen Bewegungen der Person Veranlassung geben, welche dann zur vollständigen Berührung führen können, oder die Person geräth dadurch dem Treibriemen der Maschine zu nahe und verunglückt auf diese Art.

Die hier geschilderten Gefahren sind nicht eingebildete, sondern bestehen thatsächlich, und zwar sowohl für Laien als auch für Personen, die mit der Behandlung derartiger Anlagen vollkommen vertraut sind, wie dies aus einigen, nachstehend angeführten Beispielen hervorgeht.

Die kaiserlich russische Yacht »Livadia« wurde nach dem Systeme Jablochkoff beleuchtet. Eine Lampe im Heizraume sollte niedriger gehängt werden und dem Heizer wurde aufgetragen, dieselbe einen Augenblick zu halten; unglücklicherweise fasste er die Lampe derart an, dass der Wechselstrom von der Jablochkoff'schen Kerze abgelenkt wurde und den Körper des Unglücklichen passirte, dessen Tod die Folge war. Uppenborn wurden zwei Fälle bekannt, wo Personen durch den

Strom einer Wechselstrom-Maschine so sehr gelähmt wurden, dass sie nicht einmal um Hilfe schreien, viel weniger aber sich von den Drähten losreissen konnten; in beiden Fällen wurde aber die Gefahr rechtzeitig bemerkt und beseitigt.*)

In Hatfield-House, dem Wohnsitze des Marquis of Salisbury, wurde ein 22jähriger Arbeiter dadurch getödtet, dass er mit den Leitungsdrähten der elektrischen Beleuchtung in Berührung kam. Es standen dort eine grosse Anzahl hintereinander geschalteter Brush-Lampen in Verwendung.**)

Auch auf dem Union-Eisenwerke von Carnegie & Company in Pittsburg, Pennsylvanien, ist ein Mensch durch Elektricität getödtet worden. In dem Werke speist eine Maschine 16 Lampen zur Beleuchtung der Werkstätten. Um die auf dem Werke arbeitenden Burschen von gefährlichen Experimenten abzubringen, wurde ein ungefähr 4 Fuss hohes Gitter rund um die Maschine errichtet, und ein Wächter sollte die Burschen davon fern halten. Nun sah ein Arbeiter, mit einer Laterne in der Hand, an einer in der Nähe der Maschine befindlichen Uhr nach der Zeit; darauf lehnte er sich über das Gitter. Da scheint der Maschinenwärter zum Zwecke von Experimenten einen Poldraht mit einem der anderen Drähte verbunden und oben auf dem Gitter entlang geführt zu haben. Plötzlich wandte sich der Arbeiter um, lächelte gesticulirend, fiel in die Arme eines dicht hinter ihm stehenden Arbeiters und verschied unmittelbar darauf. Er mag jenen Draht mit der Lampe und leeren Hand

---

*) Schellen, die magnet- u. dyn.-el. Masch., II. Aufl. S. 571.
**) Electrician, Bd. VIII S. 68.

berührt haben, wobei der Strom in ganzer Stärke durch seinen Körper zur Erde abfloss. Eine schwarzgelbe Marke lief rund um die Kehle und eine lange Furche, vom Schenkel des rechten Beines bis zum Knöchel reichend, zeigte, welchen Weg der elektrische Strom genommen hatte. Das sonstige Aussehen war das eines in tiefen Schlaf versunkenen Menschen.*)

Am Abend des 6. August 1882 wurden zwei junge Leute durch den elektrischen Strom ums Leben gebracht, welcher den Brush-Lampen zum Zwecke der Beleuchtung des Tuileriengartens zugeführt wurde. Beim Uebersteigen einer Mauer berührten die beiden die Leitungsdrähte und wurden sofort getödtet.**)

Ein ähnlicher Unglücksfall ereignete sich Mitte September 1882 am Industrie-Ausstellungsgebäude in Triest. Daselbst war eine Beleuchtungsanlage mit Wechselstrom-Maschinen installirt. Der Ingenieur der Gesellschaft wurde hierbei durch den elektrischen Strom getödtet.***)

Aus diesen Beispielen erhellt wohl zur Genüge, dass derartige übermässige Spannungen bei elektrischen Beleuchtungsanlagen überhaupt nie verwendet werden sollen und überhaupt bei höheren Spannungen auf die sorgfältigste Isolirung der Maschine, Leitungen und Polklemmen strenge zu sehen ist.

Nach obiger Betrachtung der Vor- und Nachtheile der elektrischen Beleuchtung ergiebt sich für diese folgende Parallele mit der Gasbeleuchtung.

*) Elektrotechn. Z. III, S. 42 und 282.

**) La lumière électrique, T. VII, S. 167.

***) Elektrotechn. Z. III, S. 345.

Bei der Erzeugung grosser, mächtiger Lichter, der Herstellung möglichst grosser Lichtintensität auf möglichst geringem Raume ist das elektrische Licht dem Gaslichte nicht nur vorzuziehen, sondern überhaupt die einzig mögliche Art, den angestrebten Zweck zu erreichen. Soll die Beleuchtung durch viele, aber kleine Lichter erfolgen, so hat das Gaslicht gegenüber dem elektrischen Lichte den Vortheil voraus, dass es leicht, beliebig und ohne Lichtverlust getheilt werden kann.

Hingegen besitzt das elektrische Licht den Vorzug, die Gegenstände alle in ihren natürlichen Farben sehen zu lassen, während beim Gaslichte gewisse Farben gar nicht zu erkennen sind, andere aber geändert erscheinen. Wo es auf chemische Wirkung des Lichtes ankommt, ist das Gas ganz unverwendbar.

In geschlossenen Räumen wird durch das elektrische Licht die Luft kaum merkbar erwärmt und in ihrer Zusammensetzung nahezu nicht geändert (bei Anwendung geschlossener Lampen gar nicht); Zersetzungsproducte, welche der Gesundheit schädlich sind, oder auf Gemälde, Decorationen, Metallverzierungen etc., zerstörend einwirken, können nicht entstehen. Das Gaslicht erhöht die Temperatur oft zu einer unerträglichen Hitze, welche selbst ausgiebige Ventilations-Anlagen nicht immer vollständig zu beseitigen vermögen. Siemens nimmt an, dass zur Erzeugung eines elektrischen Lichtes von 4000 N.-K. ein elektrischer Strom von 34 Webers Stärke erforderlich ist. Dieselbe Lichtstärke würde mit 200 Argandbrennern, die 0·45 Kbm. Gas pro Minute brauchen, erreicht werden; die Verbrennungswärme von 1 Kbm. Gas beträgt 6335 Calorien,

daher von 0·45 Kbm. 2850 Calorien. Ein Strom von 34 Webers erzeugt in einem Stromkreise von 1·28 S.-E. Widerstand pro Minute 21 Calorien und durch die Verbrennung der Kohlen kommen hierzu noch etwa 2 Calorien. Daraus ergiebt sich, dass das elektrische Licht ungefähr 1% jener Wärmemenge erzeugt, welche eine gleichwerthige Gasbeleuchtung liefert. Ausserdem entstehen bei der Gasbeleuchtung in grosser Menge irrespirable und zum Theile auch giftige Gase; die Gasbeleuchtung verschlechtert deshalb die Luft nicht nur durch grossen Sauerstoffverbrauch, sondern auch durch Erzeugung dieser Gase. (Kohlensäure, Kohlenoxyd, Schwefeldioxid etc.)

Mit der Gasbeleuchtung ist die Gefahr der Explosion, Erstickung und auch die Feuergefährlichkeit verbunden. Bei der elektrischen Beleuchtung existiren die beiden ersteren überhaupt nicht und die letztere in weitaus geringerem Grade. In Betreff der Feuersgefahr ist, wie M e r l i n g sehr richtig bemerkt, der Unterschied zu machen, dass beim elektrischen Lichte die Gefahr nur in der A n l a g e der Beleuchtung liegt, beim Gaslichte hingegen im B e t r i e b e. Dieser Unterschied ist sehr wesentlich und entscheidet ganz zu Gunsten der elektrischen Beleuchtung, da man voraussetzen muss, dass die Anlage der Beleuchtung immer nur von Fachmännern ausgeführt wird und überdies noch durch diese häufig controlirt werden kann, während man den Gebrauch des Gaslichtes häufig unerfahrenen Leuten überlassen muss und darüber nicht immer Controle üben kann.

Man macht dem elektrischen Lichte auch den Vorwurf der U n s i c h e r h e i t d e s B e t r i e b e s. Dieser

Vorwurf kann heutzutage kaum mehr als begründet angesehen werden, wenigstens dann nicht, wenn bei der Anlage alle jene Vorsichten angewandt werden, die wir bei der praktischen Durchführung einer elektrischen Beleuchtungsanlage kennen lernten. Ist übrigens die Gasbeleuchtung so absolut verlässlich? Wie oft springt ein Rohr, wie häufig erlöschen sämmtliche Flammen eines Locales in Folge fehlerhafter Function der Gasuhr, wie oft ist das Gas »eingefroren«!

Ferner tadelt man am elektrischen Lichte das häufige Zucken und Wechseln der Lichtintensität. Ja, brennen denn die Gasflammen gar so ruhig? Man beobachte doch einmal in irgend einem Locale, von der Strassenbeleuchtung gar nicht zu sprechen, die einzelnen Flammen, und man wird sie auch nicht eine Minute ruhig brennen sehen. Selbst die mit Glascylindern versehenen Rundbrenner sind hiervon nicht ganz auszunehmen. Allerdings ist das Schwanken der Lichtintensität beim Gaslichte nicht so störend wie beim elektrischen Lichte, da beim letzteren in Folge seiner bedeutend grösseren Intensität die Schwankungen innerhalb viel weiterer Grenzen erfolgen, als beim Gaslichte. Diesem Uebelstande ist jedoch leicht abzuhelfen durch Anwendung der Glühlichter, oder auch solcher Bogenlampen, die derartige Schwankungen nicht zeigen; dass letzteres möglich ist, haben die Ausstellungen für Elektricität in Paris und München gezeigt.

Die Erwägung der Installations- und Betriebskosten für das elektrische Licht und die Gasbeleuchtung ist für einen Vergleich beider Beleuchtungsarten allerdings von hoher Wichtigkeit, aber im Allgemeinen

lässt sich hierüber wenig sagen. Bei beiden Beleuchtungsarten nehmen die Kosten ab, wenn die Grösse der Anlage zunimmt. Man kann sagen, dass in Bezug auf die Kosten die Anlage einer elektrischen Beleuchtung sich erst dann empfiehlt, wenn es sich mindestens um Aufstellung von etwa 15—20 Bogenlampen handelt. Bei Anwendung von 20—25 Bogenlampen dürfte die elektrische Beleuchtung in der Regel billiger zu stehen kommen als eine gleichwerthige Gasbeleuchtung. Bei Anwendung grosser und vollkommener Dampfmaschinen, die für jedes Kilo Kohle per Stunde eine Pferdekraft liefern, kann man durch den Voltabogen eine Gesammtlichtstärke von ca. 1700 N.-K. erzeugen, und dasselbe Resultat erhält man bei Anwendung grosser Gasmaschinen, die unter denselben Umständen 1 Kbm. Gas per Stunde verbrauchen. Wird hingegen diese Gasmenge in gewöhnlichen Gasbrennern (Strassenbrennern) verbrannt, so erhält man nur 7 Flammen à 10 N.-K. Lichtstärke.

Die Vor- und Nachtheile der elektrischen Beleuchtung werden auch wesentlich beeinflusst durch die Form, in welcher die Elektricität zur Anwendung gelangt. Die wichtigsten Unterschiede, die hier zu machen sind, bestehen in der Benützung von Einzel- oder Theilungslicht, Bogenlicht- oder Glühlichtlampen und gleichgerichteten oder Wechselströmen.

Um das Einzellicht mit dem Theilungslicht in Bezug auf deren Vor- und Nachtheile zu vergleichen, muss zunächst auf die bereits früher erwähnte Thatsache hingewiesen werden, dass durch die Theilung des elektrischen Lichtes die Gesammtlichtstärke ver-

mindert wird, dass also die Theilung des Lichtes mit Kraftverlust unvermeidlich verbunden ist. Dies wird aus nachfolgendem Beispiele noch klarer werden. Ein Saal wird von 4 in einem Stromkreise liegenden Lampen beleuchtet; jede Lampe erzeugt ein Licht von 2000 N.-K. und die Lichtmaschine erfordert, um den dazu nöthigen Strom zu liefern, einen Kraftaufwand von 10 Pferdekräften. Durch entsprechende Aenderung der Drahtwindungen dieser Maschine kann man mit dieser 12 Lampen speisen, deren jede eine Lichtintensität von 350 N.-K. entwickeln wird; dabei wird die Maschine zu ihrem Betriebe 8 Pferdekräfte erfordern. Es erzeugt daher eine Pferdekraft im ersten Falle ein Licht von 800, im letzteren Falle von 525 Normalkerzen. Dieses Ergebniss würde allerdings zu Gunsten der Einzellichter entscheiden, wenn nicht noch andere Umstände in Betracht kämen, die trotz des geringeren Arbeits-Aufwandes doch zu Ungunsten der Einzellichter sprechen würden.

Einer dieser Umstände ist der, dass die Beleuchtungsintensität einer Fläche mit dem Quadrate der Entfernung von der Lichtquelle abnimmt. Die Folge davon ist, dass ein Raum, der z. B. von zwei Lampen in einem bestimmten Grade erhellt war und nun durch eine Lampe von einer Lichtintensität gleich der Summe der Lichtintensitäten der beiden vorigen beleuchtet wird, im letzten Falle nicht so hell beleuchtet ist, als im ersten. Unmittelbar um die Lampe herum wird es freilich heller sein als früher an irgend einer Stelle, aber an Orten, die früher noch gut beleuchtet waren, wird jetzt schon wenig mehr zu sehen sein. Um in

einer Reihe von Lichtern immer 2 Lichter durch eines so zu ersetzen, dass die dunkelste Stelle in der Mitte zwischen je 2 Lichtern immer dieselbe Helligkeit erhält, muss man nicht ein doppelt so starkes, sondern ein 4 mal kräftigeres Licht anwenden; um 3 Lampen in dieser Art zu ersetzen, muss das Ersatzlicht 9 mal so stark sein u. s. w. Dazu kommt noch, dass das stärkere Licht, entsprechend seiner Stärke, höher angebracht werden muss als die schwächeren Lichter, was häufig nicht möglich ist, da die erforderliche Höhe nicht immer zur Verfügung steht. Auch ist die Bildung kräftiger Schlagschatten bei einigen wenigen, aber grossen Lichtern nicht zu vermeiden.

Für die Theilungslichter sprechen aber noch andere Umstände. Es ist eine bekannte Thatsache, dass ein Licht ruhiger und sicherer brennt, wenn man in seinen Stromkreis einen Widerstand einschaltet, unter gleichzeitiger Erhöhung der Stromstärke. Bei Einzellichtern ist dies nur mit Stromverlust realisirbar, während bei Theilungslichtern die eine Lampe für die andere den erwünschten Widerstand bildet; da hierbei der Widerstand selbst Voltabogen ist, geht hierdurch kein Theil des Stromes für die Lichterzeugung verloren.

Ein bedeutender Vortheil des getheilten Lichtes gegenüber dem Einzellichte liegt auch darin, dass bei Anwendung des ersteren bedeutende Ersparungen an Leitungsmaterial, also an Anlagekosten, eintreten. Diese Ersparung liegt nicht nur in der geringen Anzahl von Drähten, sondern auch darin, dass der einzelne Draht bei Theilungslichtern schwächer sein kann als bei Einzellichtern.

Dies kommt namentlich bei grösserer Entfernung der Maschine von den Lampen in Betracht.

Ein Beispiel*) mit ungefähr gegriffenen Zahlen möge dies erläutern:

Es brennen 10 Differentiallampen in einem Stromkreise nicht weit von einander, aber sämmtlich in grosser Entfernung von der stromgebenden Maschine. Der Leitungswiderstand der Maschinenwicklung und der der 10 Lichtbogen betrage zusammen 10 Einheiten. Da bei sich gleichbleibender Stromstärke (theoretisch) die aufzuwendende Maschinenkraft dem Widerstande der Leitung proportional ist, so würde das Hinzutreten von beispielsweise einer Einheit Leitungswiderstand eine Erhöhung der aufzuwendenden Arbeitskraft um 10% nöthig machen, welche für die Lichtwirkung verloren gehen. Denkt man sich nun die Drahtwicklung in der Maschine in 10 Theile getheilt und durch Schleifringe beiderseits nach aussen geführt und durch einzelne Leitungen mit je einer der 10 Leitungen verbunden, und es wäre dem entsprechend der im Lichtbogen und der Maschine liegende Theil des Leitungswiderstandes je eines Stromkreises je 1 Einheit, so darf der Widerstand jeder Leitung nur gleich 0·1 Einheit gemacht werden, um den gleichen Procentsatz (10%) an Arbeitskraft oder in Summa die gleiche Menge von Arbeitskraft als Verlust durch die Leitung zuzugeben.

Man müsste darum den Querschnitt jeder der 10 Leitungen 10 mal grösser machen als im ersten Falle

*) Vortrag des Herrn Fr. v. Hefner-Alteneck, Elektrotechn. Zeitschrift 1880, März.

der Querschnitt der einen Leitung, d. h. es ist das 100fache Gewicht an Leitungsmaterial erforderlich. Allgemein ausgedrückt:

Wenn die Entfernung der Lampen von der Stromquelle den grösseren Theil der Leitungslängen erfordert, dann wächst das aufzuwendende Leitungsmaterial ungefähr mit dem Quadrate der Zahl der Lichter, wenn dieselben in getrennten Stromkreisen, anstatt als getheilte Lichter in einem Kreise hergestellt werden sollen, und wenn der durch die Leitungswiderstände verursachte Verlust an Betriebskraft der gleiche bleiben soll. Das Verhältniss ändert sich etwas, wenn die Lampen in ihrer Lage zur Maschine anders vertheilt werden; das Ersparniss an Leitungsmaterial durch die Theilung bleibt aber immer ein enorm grosses, so dass dasselbe in vielen Fällen, und meistens, z. B. für die Strassenbeleuchtung, geradezu entscheidend für die Möglichkeit der Anlage wird.

Die Theilung des elektrischen Lichtes ist aber für jede Maschine durch eine bestimmte Anzahl von Lampen begrenzt, wenn nicht aus den früher angegebenen Gründen eine unverhältnissmässige Erhöhung der Betriebskosten erwachsen soll.

Das Einzellicht ist jedoch vortheilhafter als das getheilte Licht in Räumen, die eine mehr oder weniger kreisrunde Begrenzung haben und gestatten, das Licht hinreichend hoch anzubringen. Unter diesen Umständen kann auf die Bedeckung des Lichtes mit matten Gläsern häufig verzichtet werden, da wegen der Höhe, in welcher das Licht angebracht ist, sein Glanz die Augen nicht blendet. Dies ist aber ein nicht unbedeutender

Gewinn in Bezug auf die Lichtintensität. Das Einzellicht hat auch den Vortheil, dass zu seiner Erzeugung keine hochgespannten Ströme angewendet werden müssen, deshalb seine Bedienung gefahrlos und das Licht reiner weiss erscheint; auch kann die Construction der Lampe eine einfachere sein.

Die Vor- und Nachtheile des Glühlichtes im Vergleiche zum Bogenlicht sind zum Theil dieselben, wie vom getheilten Lichte zum Einzellichte. Das Glühlicht, als eine weiter getriebene Theilung betrachtet, erfordert einen grösseren Arbeitsverbrauch wie das Einzellicht und selbst auch wie das Bogentheillicht. Dies erhellt aus nachstehender Tabelle,*) in welcher für den jeweiligen Arbeitsaufwand die Länge des Lichtbogens und die durch diesen erzeugte Lichtintensität in Normalkerzen angegeben ist:

Bei einer Betriebskraft von Kgr.	Lichtbogenlänge in Mm.	Lichtintensität in Normalkerzen
186	4	1967
192	3	1748
233	1	1102
330	0	478

Bei einer Lichtbogenlänge von Null Mm., d. h. Berührung der Kohlen oder Glühlicht, ist also der Kraftaufwand am grössten, die Lichtintensität am geringsten. Die Erzeugung des Glühlichtes ist daher bedeutend kostspieliger als die des Bogenlichtes, und nur die Production und Vertheilung der Elektricität von Centralstationen aus, oder überhaupt grosse Anlagen

*) Merling, Die elektrische Beleuchtung, S. 88.

können die Kosten gleich, oder, wie behauptet wird, niedriger wie die der Gasbeleuchtung gestalten.

Die geringe Lichtentwicklung durch das Glühlicht hat aber auch ihre Vortheile. Sie macht dasselbe geeignet zur Beleuchtung kleiner Räume, wo das kräftige, blendende Bogenlicht nicht anwendbar erscheint. Specielle Vortheile bieten die Glühlichtlampen mit unvollkommener Leitungsfähigkeit.

Ihre unbedeutende Grösse, die Abwesenheit jedes Regulirungsmechanismus, das absolut ruhige, etwas röthliche oder doch wenigstens nie violette Licht, macht sie vorzüglich geeignet zur Beleuchtung von Räumlichkeiten, die eine reiche architektonische Gliederung besitzen. Sie können in Folge dieser Eigenschaften ohne Schwierigkeit in Form von Lustern, Candelabern, Wandarmen, Ampeln und tragbaren Lampen in Verwendung kommen. Diese Beleuchtungskörper sind in ihrer Form ebenso unbeschränkt als die für Gas- oder Kerzenbeleuchtung, ja sie gewähren einen noch viel grösseren Spielraum, da sie im Gegensatze zu dem letzterwähnten Beleuchtungsmittel in jeder beliebigen Stellung verwendet werden können, während man bei Flammen darauf Rücksicht zu nehmen hat, dass diese stets nach oben brennen. Die Lampen mit Voltabogen hingegen bieten durch ihre Grösse und die Form ihrer Regulirungsvorrichtungen bedeutende Schwierigkeiten, wenn sie der architektonischen Gliederung eines Raumes harmonisch eingefügt werden sollen. Dies kommt im erhöhten Masse dann in Betracht, wenn die elektrische Beleuchtung in einem derartigen Raume eingeführt werden soll und dieser bereits eine Gasbeleuchtungs-

anlage besitzt. Die Beleuchtungskörper in stylistischer Uebereinstimmung mit der übrigen Decoration des Saales können, ohne merkbare Lücken zu lassen, nicht einfach beseitigt und ebensowenig zwecklos, weil unbenützt, darin belassen werden. Zur Beleuchtung durch Bogenlicht werden sie aber in höchst seltenen Fällen verwendbar sein; hingegen werden sich ihrer Benützung zur Anbringung von Glühlichtlampen kaum irgend welche nennenswerthe Schwierigkeiten in den Weg stellen.

Die Glühlichtlampen mit unvollkommener Leitungsfähigkeit besitzen ferner den Vortheil einer ganz beliebigen Regulirungsfähigkeit ihrer Lichtstärke. Dieser Umstand und ihre absolute Feuer-Ungefährlichkeit machen sie zur Beleuchtung von Theatern, speciell Bühnen, geeigneter als irgend ein anderes Beleuchtungsmittel. Genauere Angaben über diese specielle Verwendung der Glühlichtlampen werden bei den Anwendungen der elektrischen Beleuchtung folgen und finden sich auch in Aufsätzen des Verfassers, welche in Hartleben's »Neuesten Erfindungen und Erfahrungen« 1882. Heft 5, 6, 7, 8, und 1883, Heft 1, veröffentlicht sind.

Vergleicht man die Wechselströme mit den gleichgerichteten Strömen in Bezug auf ihre Vor- und Nachtheile, so fällt dieser Vergleich entschieden zu Gunsten der letzteren aus. Es ist gegenwärtig ziemlich sicher, dass unter gleichen Verhältnissen von Widerstand, Geschwindigkeit etc. mit den Maschinen für gleichgerichtete Ströme, von der zu ihrem Betriebe angewandten Kraft um 35% mehr Nutzeffect im Lichtbogen erzielt wird als mit Wechselstrom-Maschinen.

Auch wurde bereits früher darauf hingewiesen, dass die Wechselströme eine viel gefährlichere physiologische Wirkung ausüben als die Ströme gleicher Richtung, und Schellen*) hält diesen Umstand allein schon für geeignet, die Wechselstrom-Maschinen zu verdrängen.

Ferner ist die Lichterzeugung durch Wechselströme mit den Uebelständen verbunden, dass in Folge des Auftretens von Extraströmen die Lampe häufig unruhig brennt (was namentlich bei den elektrischen Kerzen sehr lästig wird), dass an beiden Kohlenstäben ein gleichmässiger Kohlenverbrauch stattfindet bei gleichzeitigem Zuspitzen beider Kohlen. Dieser Umstand hat aber auf die Lichtausstrahlung eine ungünstige Wirkung; es entfällt die Bildung einer kraterförmigen Vertiefung am positiven Pole, die gewissermassen als Reflector dient, und die Lichtstrahlen ihrer weitaus grössten Menge nach dorthin sendet, wo man sie braucht (auf die Decke oder auf den Fussboden); das durch Wechselströme erzeugte Licht sendet vielmehr seine Strahlen nach allen Richtungen aus und man muss sich daher bei ihrer Benützung eigener Reflectoren bedienen. Das Wegfallen der Kraterbildung hat ferner den Nachtheil, dass der grösste Theil der Leuchtkraft im Flammenbogen und nicht, wie bei Anwendung gleichgerichteter Ströme, in der kraterförmig ausgehöhlten Kohle sich befindet, wodurch zu violettem Lichte und auch zu Farbenwechsel Veranlassung gegeben wird.

*) Schellen, Die magnet- und dynamoelektrischen Maschinen, II. Aufl., S. 572.

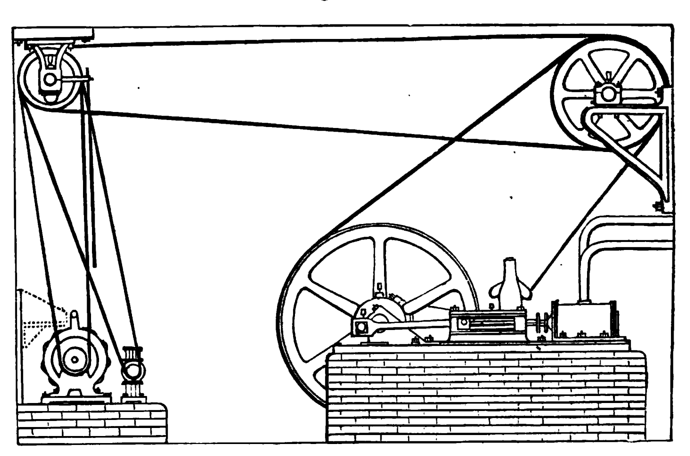
X.

Praktische Anwendungen und Kosten der elektrischen Beleuchtung.

Die praktischen Anwendungen der elektrischen Beleuchtung sind gegenwärtig bereits ebenso mannigfaltig als zahlreich. Es ist gewiss leichter, alle jene Fälle aufzuzählen, in welchen das elektrische Licht noch keine Anwendung gefunden hat, als jene wo es thatsächlich im Gebrauch steht. Alle Arten von Werkstätten und Fabriken, Häfen und Bahnhöfe, Eisenbahnzüge und Schiffe, Theater und Concertsäle, Strassen und Plätze, Leuchtthürme, ganze Stadttheile, sowie einzelne Privatwohnungen, Alles bedient sich bereits des elektrischen Lichtes. Wir finden es in photographischen Anstalten, in den Tiefen der Bergwerke, bei submarinen Arbeiten, bei der friedlichen Feldarbeit, wie bei kriegerischen Operationen, ja selbst der Arzt bedient sich desselben zur Beleuchtung der inneren Leibeshöhlungen des Menschen. Es leuchtet in öffentlichen Aemtern, wie in Waarenhäusern und Geschäftslocalen, in den Speisesälen grosser Hôtels, bei Tunnelbauten und nächtlichen Bahnarbeiten, es muss sogar der Sonne helfen, Früchte zur Reife zu bringen.

Bei dieser Fülle und Mannigfaltigkeit und dem enge abgegrenzten Raume dieses Buches wird man es begreiflich finden, wenn im Nachstehenden nur andeutungsweise auf einige specielle Anwendungen der elektrischen Beleuchtung hingewiesen wird, so lehrreich auch gerade ausführliche Besprechungen bestimmter Anlagen sein mögen.

Fig. 32.



1. Das elektrische Licht im Eisenbahndienste.

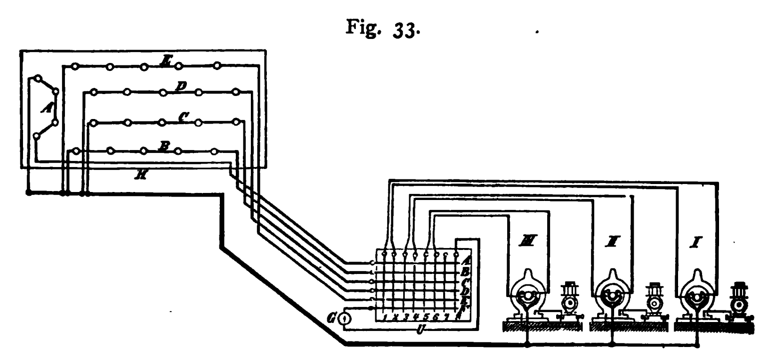
Bei Bahnen wurde das elektrische Licht bisher angewandt zur Beleuchtung der Bahnhöfe, zur Streckenbeleuchtung und zur Erhellung der Personenwagen.

Als Beispiel einer Bahnhofbeleuchtung möge die Installation im Anhalter Bahnhof zu Berlin dienen.*) Im Maschinenhause der Beleuchtungsanlage sind 2 von

*) Zetsche, Elektrotechnische Zeitschrift, II. S. 141.

A. Borsig gebaute liegende Hochdruck-Dampfmaschinen à 15 Pferdekraft aufgestellt. Die Bewegung der Dampfmaschinen wird zunächst durch Riemen auf eine Transmissionswelle übertragen (siehe Fig. 32) und diese setzt dann gleichfalls durch Riemen die 3 Vorgelege für die 3 Paare elektrischer Maschinen in Rotation. Jedes der letzterwähnten Maschinenpaare hat eine am Vorgelege befestigte Riemenscheibe zum gemeinschaftlichen Antriebe. Aus Rücksicht für die Sicherheit des Betriebes

Fig. 33.

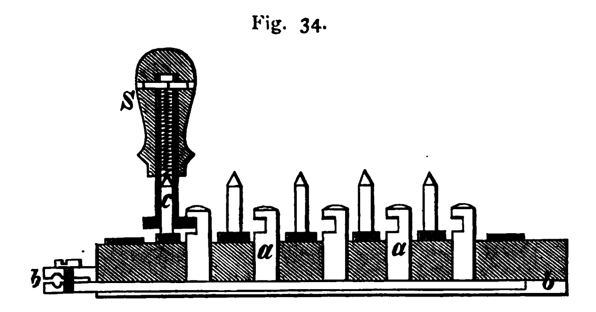


wurde die Einrichtung so getroffen, dass jede der beiden Dampfmaschinen jedes der 3 elektrischen Maschinenpaare treiben kann. Es wurde dies erreicht durch Anwendung einer Frictionsscheiben-Kuppelung, durch welche jede Dampfmaschine mit einer Zwischen-Transmissionswelle in Verbindung gesetzt werden kann, die dann selbst wieder die 3 ausrückbaren Vorgelege für die elektrischen Maschinen treibt.

Zur Erzeugung des Lampenstromes dienen 3 Wechselstrom-Maschinen von Siemens (I. Bd. S. 53 dieser Bibliothek), deren Elektromagnete durch kleine Siemens-

sche dynamoelektrische Maschinen erregt werden. Jede Lichtmaschine besitzt zwei von einander getrennte und vollkommen unabhängige Stromkreise, deren jeder 5 Lampen in sich schliesst. Die gleichnamigen Poldrähte der Stromkreise aller drei Maschinen I, II und III, Fig. 33, führen dann zu den Metallschienen 1 bis 6 des Generalumschalters *U*, an dessen Schienen *A* bis *E* die zu den Lampen führenden Leitungen anschliessen.

Fig. 34.



Die 24 Siemens-Differential-Lampen sind in den 5 Stromkreisen *A*, *B*, *C*, *D* und *E* angeordnet, deren erster den Zugangsperron ständig zu beleuchten hat, während die übrigen 4 die Abfahrts- und Ankunftsperrons zeitweilig erhellen müssen. Die zu beleuchtende Halle ist 60 Meter breit, 168 Meter lang und 35 Meter hoch. Die Lampen hängen in einer Höhe von 8 Metern über dem Boden und besitzen eine Lichtstärke von je 350 Normalkerzen. Der Generalumschalter gestattet jeden Lampenkreis mit jedem Stromkreise jeder Maschine zu verbinden. Die Stromrückleitung zu den Lichtmaschinen ist für alle Lampenkreise gemeinschaftlich und unterirdisch angelegt, während die Hinleitung und

Verbindung der Lampen untereinander aus starken, blanken Kupferdrähten besteht, die in der Luft geführt und an Isolatoren befestigt sind.

Fig. 35.

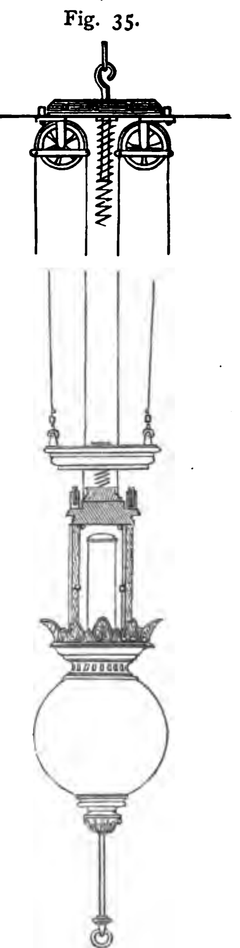


Fig. 34 versinnlicht die Einrichtung des Generalumschalters im Längsschnitte. An den Längsschienen *b* sind mit Einschnitten versehene Säulen *a* angebracht; die von den Längsschienen isolirten Querschienen tragen die Stifte *c*. Steckt man auf einen Stift *c* den Schlüssel *S*, dessen Griff isolirt ist, drückt ihn nach abwärts und dreht so lange, bis der an seinem unteren Ende angebrachte Fortsatz in den Einschnitt der Säule *a* kommt, so ist dadurch die Verbindung der betreffenden Längsschiene mit der Querschiene hergestellt. Um einen vollkommen verlässlichen Contact zu erhalten, befindet sich in der Höhlung des Schlüssels eine kräftige Spiralfeder, welche die Contactflächen fest gegen einander presst.

Die Aufhangevorrichtung für die Lampen ist aus Fig. 35 ersichtlich. Vom Gitterwerke des Daches führt zu jeder Lampe ein Drahtseil herunter, das an seinem

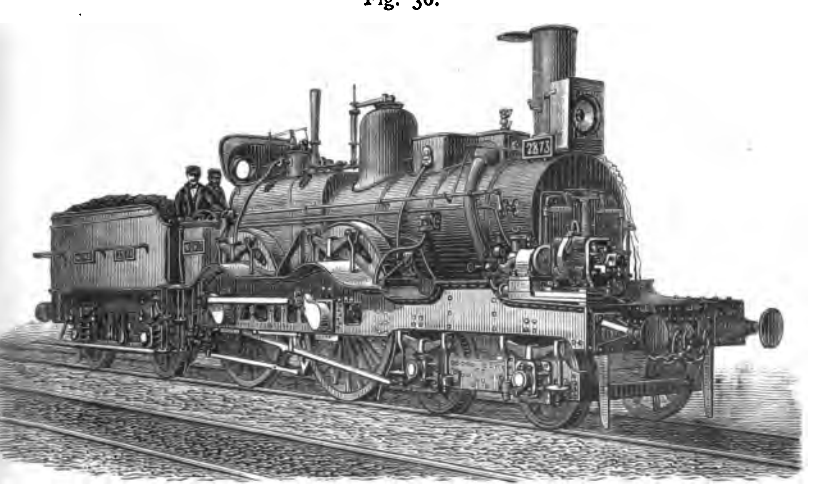
unteren Ende ein Querstück trägt; an diesem sind sowohl die Klemmschrauben zur Aufnahme der Leitungsdrähte, als auch zwei Rollen befestigt, welch' letztere zur Führung der Kupferdrähte dienen, an welchen die Lampe, durch ein Gegengewicht ausbalancirt, hängt. Die Kupferdrähte dienen gleichzeitig zur Stromleitung zwischen den Klemmen am Querstücke, welches die Rollen trägt, und den Polklemmen der Lampe. Diese Vorrichtung zum Herablassen der Lampe behufs Einsetzen neuer Kohlenstäbe, Reinigung etc. konnte nicht unmittelbar am Dachgerüste der Halle befestigt werden, da deren Höhe eine viel zu bedeutende ist. Sollten Reparaturen nothwendig sein, so erlaubt eine auf dem Dache angebrachte Winde die Lampe sammt dem Drahtseile ganz herabzulassen.

Die Anwendung des elektrischen Lichtes zur Beleuchtung von Bahnhöfen hat sich in kürzester Zeit so vortheilhaft erwiesen, dass gegenwärtig schon die meisten grösseren Bahnhöfe sich dieser Beleuchtungsart erfreuen. Man ist jedoch nicht hierbei stehen geblieben, sondern hat auch für das Rollmaterial der Bahnen das elektrische Licht anzuwenden versucht.

Wir haben bereits Seite 121 des Bandes: »Das elektrische Licht« Gelegenheit gehabt, Lampenconstructionen zu besprechen, welche in erster Linie den Zweck verfolgen, eine Locomotivlampe zu schaffen. Wie an der citirten Stelle bereits mitgetheilt wurde, ist es den Herren Sedlaczek und Wikulill auch in der That vollständig gelungen, diesen Zweck zu erreichen. Die dort geschilderte Lampe wird mit einem Reflector versehen, in eine Laterne, die am Schornsteine der Loco-

motive befestigt ist, eingesetzt. Die Laterne ist vorne durch Glimmerplatten gegen den Luftzug geschützt, und ein hinter den Glimmerplatten angebrachtes Gitter, aus einigen Eisenstäben bestehend, verleiht ersteren hinreichende Festigkeit. Die Laterne kann vom Standplatze des Locomotivführers aus seitlich gedreht werden,

Fig. 36.



um beim Befahren von Curven auch diese zu beleuchten. Bei einer Lichtstärke von 4000 N.-K. beleuchtet die Lampe die Strecke auf 1—2 Kilometer, lässt die Signale auf sehr bedeutende Entfernungen vollkommen scharf und deutlich erkennen, beeinflusst die Farben der Signallaternen absolut nicht und brennt trotz der heftigen Stösse, welchen sie auf der Locomotive naturgemäss ausgesetzt ist, vollkommen ruhig. Bei den bisher durchgeführten Versuchen wurde zur Stromerzeugung

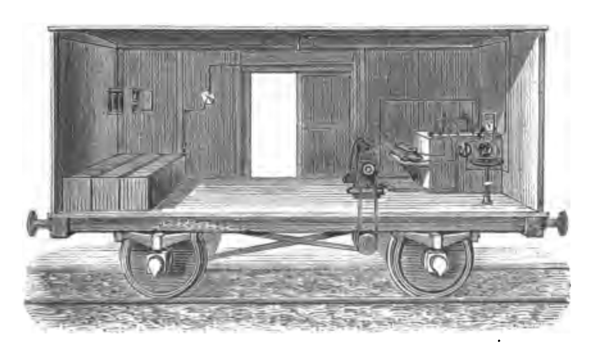
eine dynamoelektrische Maschine von Schuckert angewandt und diese durch eine Brotherhood'sche Dampfmaschine betrieben. Letztere bezog ihren Dampf aus dem Kessel der Locomotive und war mit der Lichtmaschine durch directe Kuppelung der beiden Wellen verbunden. Während man bei den Versuchen auf deutschen Bahnen (Leoben, München) Lichtmaschine und Dampfmaschine hinter dem Schornsteine auf dem Dampfkessel der Locomotive montirte, wurden auf der französischen Bahn (bei Dammartin) beide Maschinen auf dem Gestelle der Locomotive aufgestellt. Fig. 36 giebt ein Bild dieser Anordnung.

Aber auch hierbei blieb man nicht stehen, sondern suchte vielmehr das elektrische Licht selbst auch für die Erhellung der Personenwagen zu benützen. Zur Erreichung dieses Zweckes schlug man verschiedene Wege ein. Man betrieb mit dem Dampfe der Locomotive eine auf diese aufgesetzte rotirende Dampfmaschine, welche als Motor für die Lichtmaschine diente, und leitete den Strom der letzteren in die Abtheilungen der einzelnen Wagen, in welchen Glühlichtlampen verschiedener Systeme angebracht waren. (Versuch auf der Strecke von und nach Weissenburg, Elektrotechn. Zeitschr. III. S. 337.)

In ganz anderer Art suchte man die in Rede stehende Aufgabe bei den Versuchen auf der Strecke Frankfurt-Hanau (l. c.) zu lösen. Die Firma Möhring in Frankfurt lieferte hierzu die Lichtmaschine, Accumulatoren und einen Umschalter, die sämmtlich in einem Packwagen aufgestellt waren. Unter diesem Wagen hatte man ein Vorgelege angebracht, welches seine Be-

wegung von einer der Wagenaxen erhielt und durch Riemen auf die Lichtmaschine übertrug. Bei der verschieden schnellen Rotation, die auf solche Weise erzeugt wird, kann man den elektrischen Strom nicht direct in die Lampen leiten, da diese einmal der Gefahr der Zerstörung ihrer Kohlenbügel ausgesetzt wären, ein andermal zu schwach, oder beim Halten des Zuges gar nicht leuchten würden. Es wurde deshalb ein vom Te-

Fig. 37.



lephoninspector Löbbecke angegebenes Arrangement getroffen, welches gestattete, bei hinreichend schneller Fahrt des Zuges einen Theilstrom von der Lichtmaschine direct in die Lampen zu leiten, während der Ueberschuss in die Accumulatoren ging; diese mussten dann bei zu langsamer Fahrt oder beim Halten des Zuges die Lampen speisen.

Auf englischen Bahnen bediente man sich bei einer Reihe von Versuchen ausschliesslich der Accumulatoren. Diese waren in einem Packwagen aufgestellt und wurden vor Abgang des Zuges in der (Victoria-) Station

geladen. Bei dieser Einrichtung erwies sich jedoch der Umstand sehr lästig, dass der ganze Zug während der 10stündigen Ladeperiode der Accumulatoren nahe bei der elektrischen Maschine in der Station stehen muss. Man hat deshalb auch hier die Combination von Lichtmaschine und Accumulatoren versucht.

Wie bei den früher besprochenen Versuchen erhielt die Lichtmaschine ihre Bewegung ebenfalls durch Uebersetzung von einer Radaxe des Gepäckswagens. Die Verbindung zwischen Lichtmaschine und Accumulatoren vermittelte ein Elektromagnet, der von einer kleinen Deprez'schen Maschine seinen Strom bekam. Die Gesammtanordnung zeigt Fig. 37. Die Maschine von Deprez erhielt ihre Bewegung durch einen Riemen, welcher über eine auf der Axe der Gramme'schen Lichtmaschine aufgesetzte Scheibe ging. Ist die Rotation der Lichtmaschine hinreichend schnell, so läuft auch die Maschine von Deprez rasch genug, um einen Strom zu erzeugen, der dem Elektromagnet so viel Kraft giebt, dass er seinen Anker anziehen und durch einen Contact die Verbindung zwischen Lichtmaschine und Accumulatoren herstellen kann. Geht die Rotationsgeschwindigkeit unter das nothwendige Mass zurück, so lässt der Magnet den Anker los, hebt die Verbindung zwischen Lichtmaschine und Accumulatoren auf, und letztere allein speisen die Lampen. Diese Einrichtung scheint jedoch keine sehr zufriedenstellenden Resultate ergeben zu haben. (La lumière électrique VI. p. 378.)

Bei keinem der angeführten Versuche ist jedoch auf die Unabhängigkeit der Beleuchtung der einzelnen Wagen unter einander Rücksicht genommen, ein Um-

stand, der bei einer bleibenden Einführung des elektrischen Lichtes nicht unberücksichtigt bleiben darf.

Schliesslich wäre noch eines *transportablen Beleuchtungswagens* zu gedenken, welcher dazu bestimmt

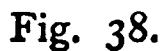


Fig. 38.

ist, bei dringenden Nachtarbeiten den Arbeitsplatz hell zu beleuchten. *Ludwig Becker*, Centralinspector der Kaiser Ferdinands-Nordbahn in Wien, hat für die Zwecke dieser Gesellschaft einen derartigen Wagen construirt. In einem gedeckten Lastwagen (Fig. 38) ist eine stehende Dampfmaschine von 4 Pferdekräften angebracht, durch

welche eine Gramme'sche Lichtmaschine getrieben wird. Die elektrische Bogenlampe ruht derart auf einem Gestelle, dass sie mittelst einer Winde in den Glasaufbau des Wagens gehoben oder wieder herabgelassen werden kann. Sie ist aber auch abseits des Wagens aufstellbar; sie wird dann auf ein besonderes zur Ausrüstung des Wagens gehöriges und zusammenlegbares Gestelle gesetzt, welches im Freien leicht aufgeschlagen und durch Leitungsdrähte mit der im Wagen befindlichen Lichtmaschine verbunden werden kann. Zur Beleuchtung bestimmter Punkte ist ein Satz von Reflectoren, dagegen zur Beleuchtung längerer Strecken, z. B. eines ganzen Zuges, sind zwei Planspiegel beigegeben.

Zur Vervollständigung der Wagenausrüstung gehören auch der unter dem Wagenboden aufgehängte Wasserbottich, Säulen zur Stützung der elektrischen Leitung im Freien, verschiedene Werkzeuge für die Dampfmaschine etc.*)

Auch seitens der Anglo-American Brush Electric Light Company ist eine vollständige fahrbare Einrichtung zur elektrischen Beleuchtung für Bahnzwecke hergestellt worden.**)

2. Anwendungen des elektrischen Lichtes im Seewesen.

Im Seewesen erfreut sich das elektrische Licht schon einer mannigfachen und ausgedehnten Anwendung. Leuchtthürme mit elektrischem Lichte, Schiffe mit elektrisch beleuchteten Innenräumen, Schiffe mit mächtigen

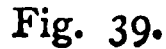
---

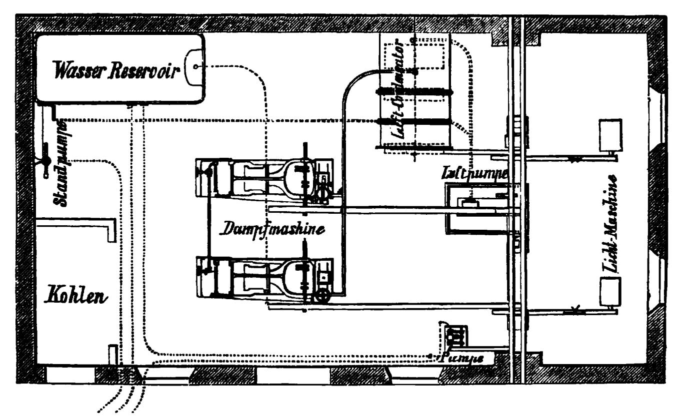
*) Dingler, Polytechn. Journal 532, S. 133.

**) Engineering, Vol. XXXIII. p. 109.

elektrischen Projectionsapparaten ausgerüstet, elektrisch beleuchtete Häfen und Docks zählen heute nicht mehr zu den Seltenheiten. Doch müssen wir uns auch hier wieder nur mit einigen wenigen Beispielen begnügen. Als solches wählen wir zunächst den

Leuchtthurm der Insel Razza
in der Bai von Rio Janeiro.*)


Fig. 39.



Der Leuchtthurm ist auf einem 70 Mtr. hohen Felsen gebaut und hat selbst bis zum Lichtpunkte eine Höhe von 26 Mtr.; das Leuchtfeuer ist also 96 Mtr. über dem mittleren Meeresniveau.

Fig. 39 ist ein Grundriss des Maschinenhauses und zeigt dessen Gesammtanordnung. Zur Erzeugung des elektrischen Stromes sind zwei Gramme'sche Maschinen für gleichgerichtete Ströme (Type *C T*) auf-

---

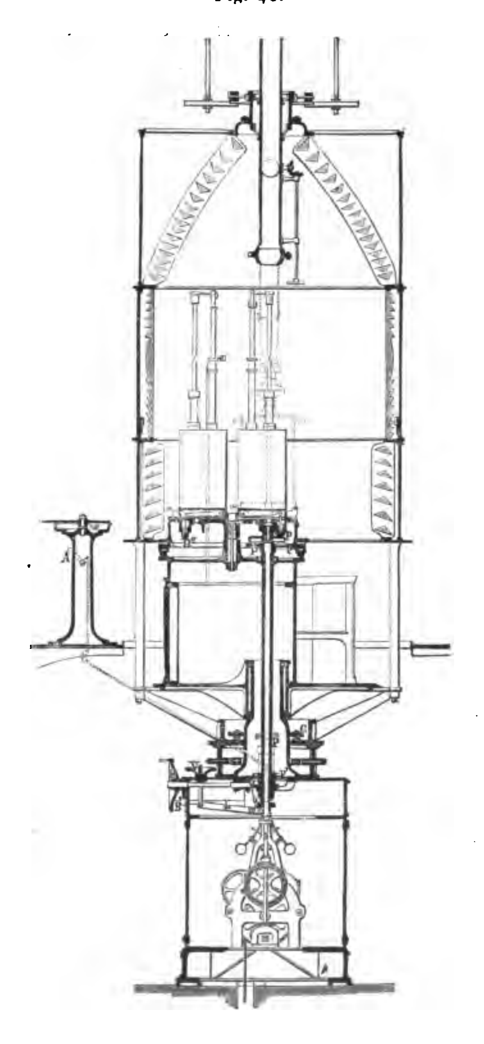
*) La lumière électrique, T. VII. p. 506.

gestellt, die per Minute 700 Touren machen und zu ihrem Betriebe je 7 Pferdekräfte bedürfen. Das hiermit unterhaltene Licht hat eine Stärke von beiläufig 2000 Carcelbrennern. Zur gewöhnlichen Beleuchtung reicht der Strom einer Maschine vollkommen aus, indess die zweite Maschine als Reserve dient. Ueberhaupt ist die ganze Installirung doppelt ausgeführt, um jede Störung im Betriebe hintanzuhalten.

Als Motoren werden zwei halbtransportable Dampfmaschinen, welche von Chaligny construirt wurden, angewandt. Der Mangel an natürlich vorkommendem süssen Wasser und die Unmöglichkeit, das Meerwasser zur Destillation 70 Mtr. hoch zu heben, haben Sautter & Lemonnier veranlasst, einen Luftcondensator in Anwendung zu bringen. Derselbe wurde gleichfalls von Chaligny construirt und besteht im Wesentlichen aus einem Bündel Röhren, durch welche der von der Dampfmaschine ausgestossene Dampf geleitet wird. Eine von der Dampfmaschine betriebene Luftpumpe schafft die zur Kühlung der Röhren nöthige Luft herbei. Die Dampfmaschinen besitzen jede eine Leistungsfähigkeit von 10 Pferdekräften.

Der optische Apparat ist in den Figuren 40 und 41 abgebildet. Die Laterne hat einen Durchmesser von 3·5 Mtr. Unterhalb der Laterne befindet sich der Motor, welcher die Drehung des Leuchtfeuers zu bewerkstelligen hat; zu dem Ende ist die Welle a des Motors mit dem Rohre p durch Verzahnung verbunden. Letztere kann jedoch, wenn nöthig, durch den Griff A und die damit verbundenen Hebel ausgerückt werden. Mit Hilfe der Schrauben G wird die Centrirung des Apparates be-

Fig. 40.



werkstelligt. Sollte die elektrische Lampe versagen, so kann sie in einfacher und rascher Weise durch die Reservelampe ersetzt werden. Das Lampenplateau ist nämlich um die Axe *d* derart drehbar, dass, wie aus der

Fig. 41.

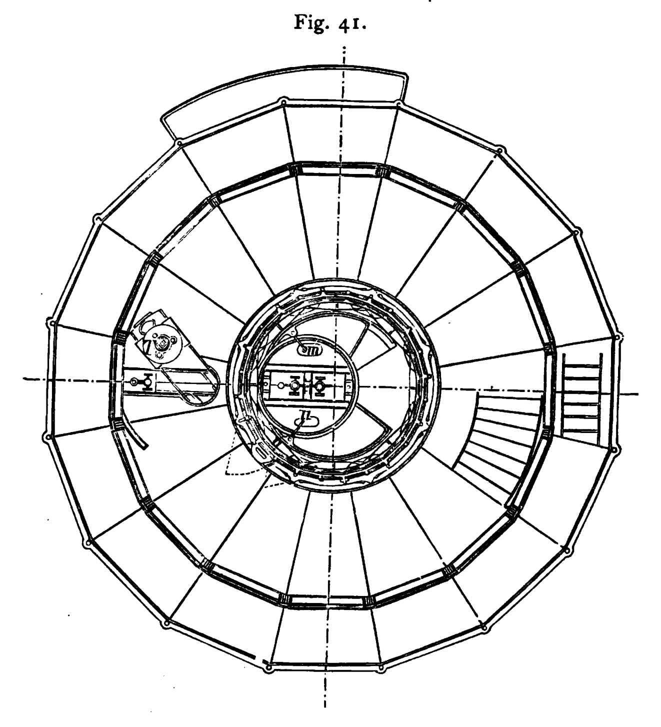
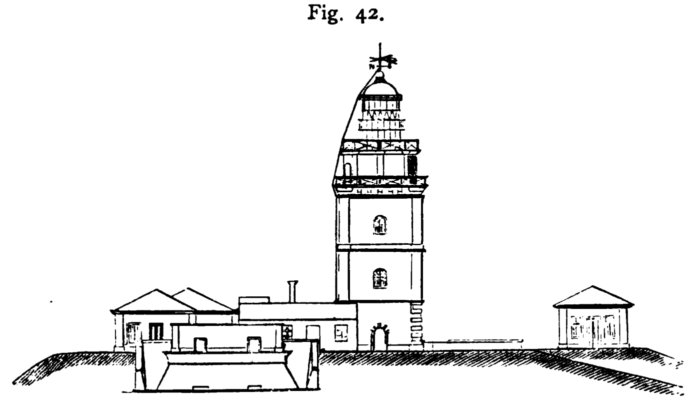


Fig. 40 leicht ersichtlich, durch eine Drehung um diese Axe die linksseitige Lampe an Stelle der unbrauchbaren gebracht werden kann. Um absolut jede mögliche Störung auszuschliessen, befindet sich überdies noch auf einem seitlichen Tische *T* (Fig. 41) eine stets dienstbereite Oellampe; auch diese kann durch einfache

Drehung ihres Trägers in die Laterne gebracht werden und dann für die wenigen Minuten, welche die Instandsetzung einer der elektrischen Lampen erfordert, die Beleuchtung übernehmen. (In Fig. 40 ist die Oellampe punktirt eingezeichnet.)

Um die Lampe in den Brennpunkt einzustellen, führt man sie zunächst durch den Mechanismus *V*,

Fig. 42.



welcher ein Heben und Senken des Lampenplateaus gestattet, in die Brennebene. Die Einstellung in den Brennpunkt wird dann durch horizontale Verschiebung der Lampe, gleichfalls von aussen her, erreicht. Man erkennt, dass der Voltabogen im Brennpunkte der Laterne angelangt ist, daran, dass die durch die Prismen erzeugten Bilder auf die Marken *m* und *n*, zwei auf Elfenbeinplatten gezogene Linien, fallen (Fig. 41). Die Lampen sind nach Gramme's Modell construirt.

Das Leuchtfeuer ist ein sogenanntes Blickfeuer und besteht aus zweimal Weiss und einmal Roth mit

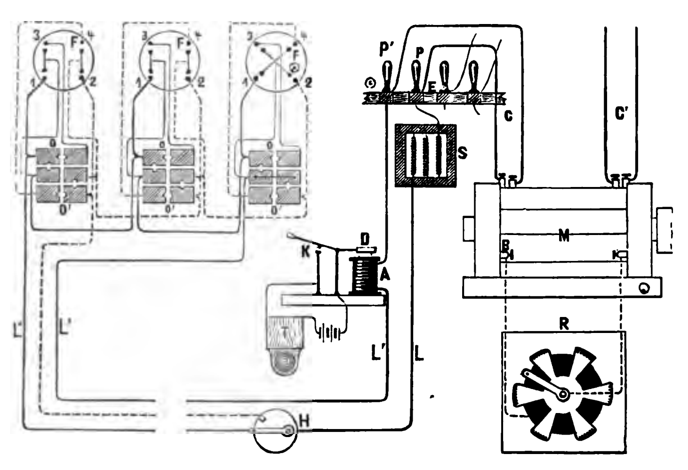
15 Secunden Intervallen. Der grosse Durchmesser des optischen Apparates und die geringe Ausdehnung des Voltabogens bringen den Nachtheil mit sich, dass die Strahlen eine sehr schwache Divergenz in horizontaler Richtung haben, daher die Dauer des Effectes sehr verkürzt erscheint. Um diesen Uebelstand zu beseitigen, hat man vor jedem Linsenstücke eine Cylinderlinse, und zwar vor den weissen eine weisse und vor dem rothen eine rothe, mit sehr schwacher Krümmung angebracht. Die hierdurch erzielte Divergenz der Strahlen in horizontaler Richtung beträgt 3° 35′. Die Elemente des optischen Apparates sind so berechnet, dass alle Strahlen gegen den Horizont geschickt werden, mit einziger Ausnahme jener, welche durch Reflexion die unmittelbare Umgebung des Leuchtthurmes zu beleuchten haben. Die äussere Ansicht des Leuchtthurmes und seiner Nebengebäude zeigt Fig. 42.

Die Beleuchtung des Hafens von Havre.

In den Hafen von Havre können die Schiffe nur zur Zeit der Fluth einlaufen. Fällt von den zweimaligen Fluthen eine in die Nacht, so kann es geschehen, dass ein Schiff, welches eben nach der Tagesfluth ankommt, nahezu 23 Stunden bis zum Eintreten der nächsten Tagesfluth mit dem Einlaufen in den Hafen warten muss, da die Dunkelheit während der Nacht dasselbe nicht gestattet. Die Rhede von Havre ist bei ruhigem Wetter zum Ankerwerfen vorzüglich geeignet, sobald aber Wind eintritt, müssen die Schiffe sofort die Anker heben. Aus diesem Grunde suchten daher die Schiffer häufig lieber den Hafen von Cherbourg auf-

Um dies zu vermeiden, entschloss man sich, den Hafen in seinen wichtigsten Theilen bei jedem nächtlichen Eintritte der Fluth elektrisch zu beleuchten. Seit 1881 ist diese Beleuchtungsanlage thatsächlich ausgeführt und fungirt seitdem immer eine Stunde vor Eintritt der Fluth und 1 Stunden darnach. Sie umfasst gegenwärtig 24 Lampen, die in 6 Stromkreisen unter-

Fig. 43.



gebracht sind. Zwei Dampfmaschinen à 35 Pferdekräfte setzen 4 sich selbst erregende Wechselstrom-Maschinen von Gramme (Type 2) in Bewegung; eine Gramme-sche Maschine arbeitet gewöhnlich im offenen Stromkreise und dient als Reserve. Von jeder Lichtmaschine gehen 2 Stromkreise aus; sie haben sämmtlich ein und dieselbe Anordnung, weshalb wir nur einen näher zu betrachten haben. Fig. 43 ist das Schema eines solchen Kreises. *M* bedeutet die Lichtmaschine mit ihren beiden

Stromkreisen *C* und *C'*, *R* den in den Stromkreis der Elektromagnete eingeschalteten Widerstandskasten zum gleichzeitigen Reguliren der elektrischen Ströme in den beiden Stromkreisen. Die Leitung *C* führt dann zu den Stöpseln *P P'* des Generalumschalters für sämmtliche Stromkreise, wodurch die Möglichkeit geboten wird, beim Untauglichwerden einer Maschine sofort die Reservemaschine einzuschalten. Die von *E* auslaufende Leitung muss zunächst den Widerstandsrahmen *S* passiren, welcher den Zweck hat, die Stromstärken der beiden Kreise einer Maschine gleich zu machen; dies ist nothwendig, da bei der ungleichen Länge der beiden Stromkreise, jeder derselben eine andere elektromotorische Kraft erfordert. Der Leiter *L* führt dann zum Stromwechsler *H* mit 2 Contacten, von welchen aus die Leitung *L''* und die punktirt gezeichnete Leitung zu den Lampen *F F F* geht. (Der Einfachheit halber sind nur 3 statt 6 Lampen gezeichnet.)

Die Rückleitung des Stromes erfolgt durch die Leitung *L'*; in diese ist ein Elektromagnet *A* eingeschaltet, welcher bei normaler Function der Anlage den Anker *D* angezogen hält. Wird jedoch der Strom in der Lampenleitung durch irgend eine Ursache, z. B. das Erlöschen einer Lampe, unterbrochen, so fällt der Anker *D* ab und schliesst bei *K* einen Contact, mit dessen Hilfe eine kleine Batterie das Klingelwerk *T* zum Tönen bringt.

Jede Lampe enthält 4 Jablochkoffkerzen mit Kohlen zu 6 Mm.; nur die beiden ersten Lampen schliessen 2 Träger zu je 2 Kerzen in sich und besitzen deshalb auch 2 Rückleitungsdrähte. Im Fusse jedes Candelabers

befindet sich ein Commutator $O\ O'$ zu 6 Platten, welchen der elektrische Strom passiren muss.

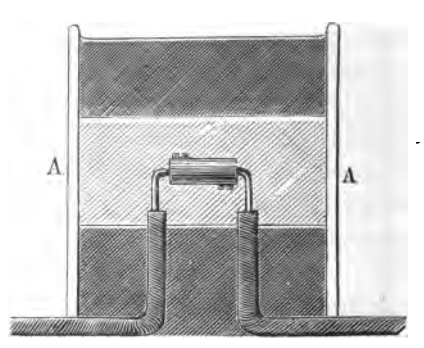
Diese anscheinend complicirte Einrichtung hat einen doppelten Zweck: Erstens kann man durch sie bei normaler Function der Anlage vom Maschinenhause aus in jedem beliebigen Momente den Strom unter Benützung des Stromwechslers H in die Kerzen 1 oder 2 schicken; zweitens können, wenn dieser Wechsel vorgenommen ist, durch Umstöpselung in den Commutatoren $O\ O'$ die Kerzen 3 für eine etwa durch einen Unfall nothwendig gewordene abermalige Umstellung des Stromwechslers H mit der Leitung in Verbindung gesetzt werden.

Bei Beginn der Beleuchtung geht der Strom durch die Leitung L, den Stromwechsler H, die Leitung L'', und da im Commutator $O\ O'$ durch Stöpselung keine Verbindung hergestellt ist, in die Kerze 1 der ersten Lampe, von dieser in die Kerze 1 der zweiten Lampe u. s. w. und fliesst durch L', A, P' zur Maschine zurück. Sind die Kerzen 1 ausgebrannt oder aus einer anderen Ursache erloschen, so ist der Strom in den Leitungen $L\ L'$ unterbrochen und die Alarmglocke T ertönt; jedoch genügt die einfache Drehung des Hebels am Stromwechsler H auf den zweiten Contact, um sofort die Kerzen 2 an Stelle der Kerzen 1 zum Brennen zu bringen.

Der Strom schlägt dann folgenden Weg ein: von L über H durch die punktirt gezeichnete Leitung in die Kerze 2 der ersten Lampe, von dieser in die Kerze 2 der zweiten Lampe u. s. w. und kehrt aus der letzten Lampe durch Leitung L zur Maschine zurück.

Nun geht ein Mann von Candelaber zu Candelaber und verbindet durch Stöpselung die beiden obersten Metallstücke der Commutatoren *O O'* und bereitet so die Einleitung des Stromes in die Kerzen 3 vor; denn, sollten die Kerzen 2 erlöschen, so genügt abermals die Drehung des Hebels am Stromwechsler *H* (in die erste Stellung) durch den von der Alarmglocke aufmerksam gemachten Maschinenwärter, um sofort die Kerzen 3

Fig. 44.



zu entzünden. Der Strom nimmt dann folgenden Weg: durch *L*, *L''* in das linksseitige oberste Metallstück des ersten Commutators *O O'*, durch den Stöpsel desselben in das rechtsseitige Metallstück, von diesem zur Kerze 3 der ersten Lampe, dann durch die beiden oberen Metallstücke des Commutators des nächsten Candelabers und dessen Kerze 3 u. s. w. und endlich durch die Leitung *L'* zur Maschine zurück.

Nach diesen Beispielen wird man leicht den Weg des Stromes für die Kerzen 4 finden können. Man hat also die Möglichkeit, alle 4 Kerzen in einer Nacht

brennen zu lassen. Tritt keine Störung ein, so bedarf man jedoch nur 2 derselben, da die Beleuchtung blos 3 Stunden dauert. Um eine Lampe aus dem Stromkreise auszuschalten, verbindet man das obere linksseitige Metallstück und das untere rechtsseitige mit den ihnen gegenüberliegenden Mittelstücken des Commutators durch Schraubenbolzen.

Wie der eine hier geschilderte Stromkreis, so sind auch alle übrigen angeordnet. Sämmtliche Leitungen gehen zum Generalumschalter *E*, der, wie auch die mit Ordnungsnummern versehenen Elektromagnete *A* und Stromwechsler *H*, alle nebeneinander im Maschinenhause angebracht sind.

Die Stromleitungen gehen gemeinschaftlich in einem Kabel vom Maschinenhause aus und theilen sich erst dann in einzelne Kreise. Die Verbindungen der Kabelenden sind in der Art ausgeführt, wie dies Fig. 44 zeigt; sie werden in einen thönernen Cylinder geführt, dort rechtwinkelig aufgebogen, ihre blanken Enden durch eine Schraubenzwinge verbunden, und das untere sowie auch das obere Drittel des Cylinders mit Cement ausgegossen, während die Mittelschichte, in welche die Enden der beiden Kabel hineinragen, aus Paraffin besteht.

Fig. 45 gestattet, sich eine Idee über den durch diese Anlage erzielten Gesammteffect zu machen und lässt beiläufig die Grösse und Ausdehnung derselben ermessen.



Fig. 45.

Elektrische Beleuchtung der Albert-Docks in London.

Die von der »London and St. Katherine Dock Company« gebauten neuen Albert-Docks haben durch Siemens Brothers eine elektrische Beleuchtungsanlage erhalten, die gegenwärtig wohl zu den bedeutendsten zu zählen sein dürfte.

Die nahezu 8 engl. Meilen langen Quais, welche ein Becken von 1976 Meter Länge und 148 Meter Breite umschliessen, werden durch 27 Lampen, welche an circa 24 Meter hohen, geschmackvollen Eisensäulen hängen, erleuchtet. Ueber jeder Lampe ist ein emaillirter eiserner Reflector angebracht, welcher das Licht sehr gleichmässig vertheilt. Die Lampen werden je von einer Dynamomaschine gespeist, welch' letztere sich in 4 Stationen befinden, die so gelegen sind, dass die Entfernungen der Lampen von den Maschinen zwischen 109—1003 Meter variiren.

Die das magnetische Feld erregenden Magnete der Dynamomaschinen liegen in einer Nebenschliessung zu dem die Lampen enthaltenden Stromkreise. Rückleitung ist für den Strom keine besondere vorhanden, sondern bei den Kabeln sind deren Schutzhüllen und bei den oberirdischen Leitungen die eisernen Dächer benützt worden. Jede Station ist mit einer Dampfmaschine von 20 Pferdekräften ausgerüstet, welche Kraft genügt, um noch weitere 17 Maschinen zu treiben.

In jeder Station befinden sich auch Controllampen, die sich sofort entzünden, wenn die zu ihr gehörige, ausser der Station befindliche Lampe erlischt, wodurch der Wärter von der Störung in Kenntniss gesetzt wird. In einer Station ist eine Wechselstrom-Maschine auf-

gestellt, welche 8 kleine Lampen speist, zur Erhellung des Waarenhauses. Dieses hat eine Breite von 36 Meter bei einer Länge von 96 Meter.

Das elektrische Licht auf Schiffen.

Die Anwendung des elektrischen Lichtes auf Schiffen kann ebenso wie jene auf Eisenbahnzügen der Hauptsache nach in zweierlei Art erfolgen: Zur Beleuchtung der Innenräume und als Licht von grosser Intensität am Verdeck des Schiffes, sei es, dass im letzten Falle die Aufgabe gestellt wird, die Fahrbahn zu beleuchten, sei es zur Beleuchtung der Küsten oder irgend einem ähnlichen Zwecke.

Die Anwendung des elektrischen Lichtes in der ersterwähnten Art, nämlich zur Beleuchtung der Cajüten, Salons, überhaupt der Innenräume, ist schon vielfach, namentlich auf englischen und amerikanischen Schiffen eine ständige geworden. Einer Zusammenstellung der Münchner »Allgemeinen Zeitung« sind folgende Daten entnommen: Das Paketboot »City of Richmond« auf der Inman-Linie wird seit 1881 mit Swan-Lampen elektrisch beleuchtet, die »Servia« der Cunard-Compagnie mit Lampen von Swan und Siemens, durch eine Siemens-Dynamomaschine gespeist, welche durch einen dreicylindrigen Motor von Brotherhood getrieben wird; der Dampfer »Chateau-Léoville« im Dienste zwischen Bordeaux und New-York, Eigenthum einer französischen Gesellschaft, wird mit Swan-Lampen beleuchtet; der Dampfer »Arabic« von der White-Star-Linie mit Swan-Lampen; die »City of Worchester« der Linie Norwich hat 270 Edison-Lampen; der Dampfer »Daphne« vom

Oesterreichisch-Ungarischen Lloyd hat seit 1881 elektrisches Licht; das Paket-Dampfboot »Antonio Lopez« der Transatlantischen Gesellschaft in Barcelona, in England jüngst gebaut, hat Swan-Lampen, wovon 62 in den Salons und auf den Gängen des Bootes sich befinden; das grosse Paketboot »Austral« der Orient-Compagnie hat Siemens-Lampen; alle Salons, der Maschinenraum, die Bureaux und Gänge sind damit beleuchtet. Fünf Bogenlichter von Siemens befinden sich im Maschinenraume und vier auf der Brücke, 170 Swan-Lampen brennen in den übrigen Schiffsräumen. Den Strom liefern zwei Siemens-Wechselstrom-Maschinen. Die Bogenlampen haben 3600 Normalkerzen Lichtstärke, die Swan-Lampen 3400, zusammen also 7000 Normalkerzen.

Die Yacht »Namouna«, das grösste und schönste Dampfschiff von Amerika, das eigens für den Director des »New-York Herald«, Herrn J. Gordon Bennet, erbaut wurde, ist mit 120 Edison-*B*-Lampen von je 8 Normalkerzen Lichtstärke versehen. Die Lichtmaschine wird durch einen eigenen Motor betrieben, welcher den Dampf aus den Schiffsdampfkesseln erhält. Die Lampen sind auf die Cabinen, die Salons und den Maschinenraum vertheilt. Der chinesische Gesandte in Berlin hat den Mechaniker Ernst Kuhlo in Stettin beauftragt, die elektrische Beleuchtung auf der Panzerfregatte »Ting-Yuen« einzuführen, welche gerade für die chinesische Regierung gebaut wurde, und im October 1882 nach China segelte. Das Schiff erhielt 240 Edison-Lampen und Dynamomaschinen von Schuckert in Nürnberg. Der Paketbootdampfer »Pilgrim« der Fall-River-Linie

besitzt 770 Edison-Lampen. Das grosse englische neue Paketboot »Invicta«, welches seine dritte Fahrt zwischen Calais und Dover zum Anschlusse an den Blitzzug von Paris macht, hat in seinen grossen Salons und in 15 Cabinen elektrisches Licht etc. etc.

Bei der Schiffsbeleuchtung sind die Vortheile des elektrischen Lichtes, die Luft nicht zu verderben, nicht zu erhitzen, die Feuersgefahr nahezu oder ganz auszuschliessen, von noch weit grösserer Bedeutung als bei anderweitigen Anwendungen.

Aber auch als »Aussenlicht«, wenn der Ausdruck gestattet ist, wird die elektrische Lampe der Schifffahrt noch ganz unschätzbare Dienste leisten. Ganz abgesehen von der höchst wichtigen Anwendung derselben auf Kriegsschiffen, die einem anderen Bande dieser Bibliothek vorbehalten ist, wird sie der Schifffahrt überhaupt in kürzester Zeit wohl ganz unentbehrlich erscheinen. Es sind jedermann die zahlreichen Zusammenstösse von Schiffen bei Nacht oder Nebel hinlänglich im Gedächtnisse, als dass es hier erst ihrer Aufzählung bedürfte. Es ist allgemein bekannt, wie viele Schiffe alljährlich aus diesen Ursachen scheitern oder an schwimmenden Eismassen zerschellen. Muss es da nicht Wunder nehmen, dass bei dem gegenwärtigen Stande der Elektrotechnik die Anwendung des elektrischen Lichtes auf Schiffen noch keine allgemeine geworden ist? — Die unglücklichen Passagiere der »Cimbria«, sie schliefen noch nicht am kühlen Meeresgrunde!

Das elektrische Licht am Verdeck gewährt aber nicht nur den Seeschiffen grossen Nutzen, es kann auch der Flussschifffahrt wesentliche Dienste leisten. Ein Bei-

Fig. 46.

spiel hiefür ist Menier's Yacht, welche Dank der hellen Uferbeleuchtung, welche die mit einem Projector ausgerüstete Bogenlampe bewirkt, des Nachts leicht und gefahrlos die Krümmungen der Marne und Seine zwischen Paris und der grossen Chocolaterie in Noisiel befahren kann. Die Lampe erhält ihren Strom von einer Gramme-schen Maschine, welche durch eine Dampfmaschine von Brotherhood in Bewegung gesetzt wird. Fig. 46 stellt die so ausgerüstete Yacht auf ihrer Fahrt begriffen dar.

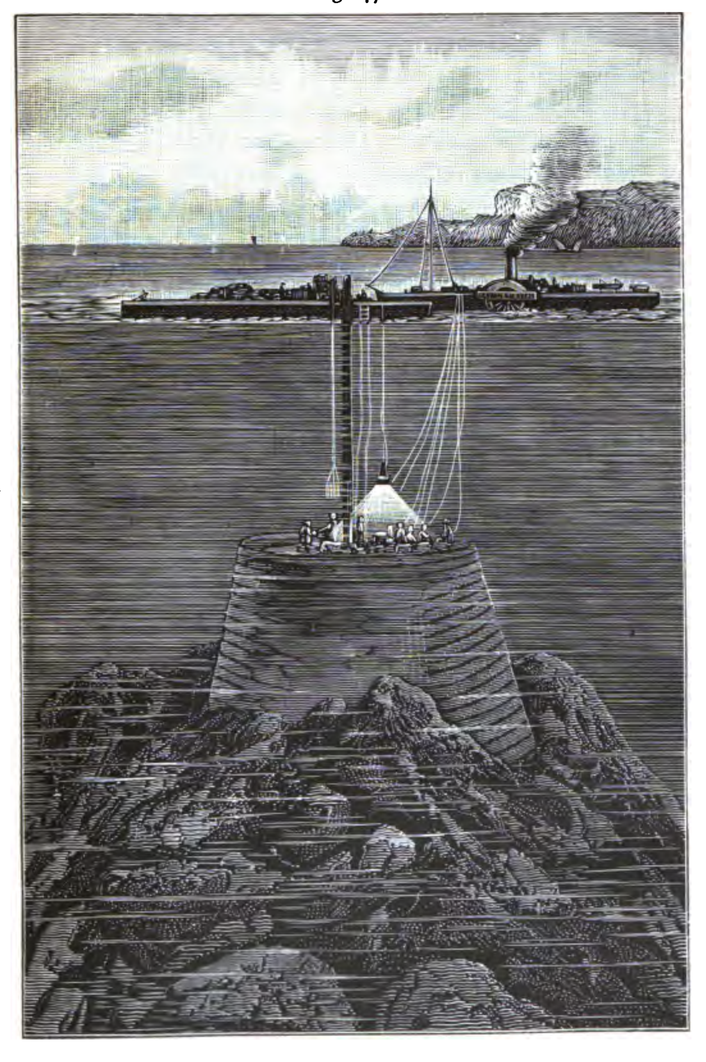
Submarine Bauten bei elektrischer Beleuchtung.

Die oben skizzirten wenigen Beispiele erschöpfen jedoch keineswegs alle Arten der Anwendung des elektrischen Lichtes im Seewesen. Wie bekannt, entsteht und besteht das elektrische Licht in jeder beliebigen Atmosphäre; dies macht es auch besonders geeignet zur Anwendung bei submarinen Bauten, für Tiefsee-Forschungen etc.*) Fig. 47 zeigt, wie bei elektrischer Beleuchtung die Arbeiten zur Erbauung des Fundamentes eines Leuchtthurmes ausgeführt werden. Die Licht- und Dampfmaschinen zur Erzeugung des elektrischen Stromes befinden sich auf dem Schiffe; die Arbeiter sind natürlich alle mit Scaphander-Anzügen ausgerüstet. Die Verbindung zwischen den Arbeitern und der Schiffsmannschaft ist durch Telephone hergestellt. Der Apparat, welcher zur Beleuchtung benützt wird, ist von Bazin construirt. Er enthält einen Regulator von Duboscq, und wurde das erste Mal gegen Ende des Jahres 1864 in Gebrauch genommen, als man

---

(* La lumière électrique, T. VII., p. 16.

Fig. 47.



die Trümmer des »Alabama«, welcher angesichts der französischen Küste bei Cherbourg scheiterte, untersuchte.

Die Lampe ist in einem starken Cylinder von mehr als einem Meter Durchmesser eingeschlossen, welcher an seiner unteren Fläche mit einer dicken Glasplatte versehen ist. Der Innenraum des Cylinders ist mit einer Alaunlösung ausgefüllt, welche den Zweck hat, dem Drucke des Meerwassers, der sehr rapid mit der Entfernung vom Niveau zunimmt, Widerstand zu leisten. Im oberen Theile befindet sich eine mächtige elektrische Lampe, deren Lichtstrahlen die Alaunlösung und die Glasplatte durchdringen und unterhalb des Cylinders eine Kreisfläche beleuchten, deren Durchmesser mehr als 30 Meter beträgt.

3. Das elektrische Licht im Dienste des Berg- und Tunnelbaues.

Ueber die elektrische Beleuchtung des Salzwerkes zu Maros-Ujvár in Ungarn bringt die »Oesterr. Zeitschrift für Berg- und Hüttenwesen« (Jahrg. XXX. S. 296) nachstehenden Bericht:

In Folge der grossen, 24.000 Quadratmeter umfassenden Fläche der dortigen Saline und des grossen Arbeitspersonales (400—500 Mann) hat das ungarische Finanz-Ministerium schon im Jahre 1880 angeordnet, Versuche behufs elektrischer Beleuchtung durchzuführen.

Die nöthigen Maschinen, Lampen und Leitungen lieferte J. Neuhold, Vertreter der Berliner Firma

Siemens & Halske in Budapest. Im Maschinenhause des Werkes ist neben der Fördermaschine eine von der gemeinschaftlichen Dampfleitung gespeiste Locomobile von 10 Pferdekräften sammt der Lichtmaschine und deren Erreger aufgestellt. Da die Lichtmaschine per Secunde 600, die Erregermaschine 2000 Umdrehungen, und zwar entgegengesetzten Sinnes, machen muss, so wurde auf die Schwungradwelle der Locomobile ausser dem vorhandenen noch ein Schwungrad von doppeltem Radius aufgekeilt. Die Kraftübertragung auf die elektrischen Maschinen geschieht mittelst Riemenscheiben, und die gleichmässige Bewegung ist durch einen empfindlichen Regulator so regulirt, dass die Schwungradwelle per Secunde beständig 110—120 Umdrehungen macht.

Die Gesammt-Lichtintensität der 15 Differentiallampen nach Siemens beträgt 4000 Normalkerzen. Da die volle Beleuchtung nur während der achtstündigen Arbeitsdauer nöthig ist, in der weiteren Zeit aber blos gefördert wird, hierzu aber 7 Lampen genügen, so ist die Einrichtung derart getroffen, dass die Hälfte der Lampen ausgeschaltet werden kann; die Locomobile arbeitet dann nur noch mit 5 Pferdekräften.

Die Leitungsdrähte, Hin- wie auch Rückleitung sind meistentheils isolirt (umsponnen); in trockenen Theilen der Grube werden jedoch auch nicht isolirte Drähte verwendet, diese aber auf Isolatoren in der Art wie Telegraphendrähte befestigt. Die Anordnung der Leitung und die Vertheilung der Lampen ist folgende: Aus der Lichtmaschine gehen zwei Leitungen. Die eine mit isolirten Drähten ist in Rinnen gelegt und befestigt

und wird unter dem Sturzboden der Saline in die einzelnen Abbaukammern geführt, senkt sich 5—7 Mtr. oberhalb der Sohle und bedient in jeder Kammer je 2 auf Salzpyramiden ruhende Lampen, welche in je einem Viertel des Kammerraumes aufgestellt sind, also in 4 Abbaukammern zusammen 8. Die zweite Leitung besteht aus einem einfachen Leitungsdrahte, welcher auf Isolirglocken geleitet, in je einer Abbaukammer ausser den oben genannten je eine und in der Förderstrecke ausserdem noch 3 Lampen bedient, zusammen also 7. Da die Richtung der Förderstrecke auf die Länge der Kammer vertical ist, so wird, wenn die vorhin genannten 8 Lampen ausgeschaltet werden, der gesammte Grubenraum für die Förderungszwecke hinreichend beleuchtet. Mit der fortschreitenden Teufe werden auch die Lampen gesenkt, was seit 2 Jahren einmal vorgekommen ist.

Die Differentiallampen erhalten Kohlenstäbe von 20 Cm. Länge und 0·5 Cm. Dicke und erzeugen einen Lichtbogen von 3—4 Mm. Nach 4 Stunden müssen die Kohlen ausgewechselt werden, während der Strom inzwischen im Deviator (S. 67) verbraucht wird.

In der achtstündigen Arbeitsschicht werden 56 Stück Kohle consumirt, per Tag 84 und per Jahr 25.000. Rechnet man das Stück mit 15 Kreuzer ö. W., so macht dies im Jahre eine Ausgabe von 3750 Gulden. Die Bedienung der Lampen kostet jährlich 500 Gulden, Brennmaterial, Oel u. a. zur Wartung der Maschinen nöthige Materialien 2000 Gulden. Die elektrischen Maschinen bedient der auch sonst nöthige Maschinenwärter, weshalb dadurch die elektrische Beleuchtung mit dieser

Post nicht belastet wird. Die Gesammtkosten betragen also jährlich 6250 Gulden. Vergleicht man damit die Auslagen für die frühere Talg-, Oel- und Photogenbeleuchtung, so ergiebt sich, dass die elektrische Beleuchtung nicht viel mehr kostet; hingegen ist die Beleuchtung besser, der Gesundheit weniger schädlich, und dient auch im Falle geringer Ventilation zur Erhaltung einer reinen Atmosphäre, welche früher durch die Grubenlichter aufgezehrt, verunreinigt und verraucht wurde. Der Arbeiter leistet mehr, die Sicherheit ist grösser und die Aufsicht leichter.

Das Blenden der Lichter fällt ausser Frage, da der Arbeiter der Sohle zugekehrt, die Lampen nicht sieht, weswegen auch die matten Schirme oder Glaskugeln weggelassen sind. Das ungarische Ministerium hat die ganze Einrichtung um den Preis von 10.000 Gulden angekauft; die Maschinen arbeiten seit ungefähr 2 Jahren ohne Anstand, und die elektrische Beleuchtung ist somit als vollkommen gelungen zu betrachten.

Anfangs befürchtete man, dass der empfindliche, zwar in eine Metallkapsel gehüllte Mechanismus der Lampen durch den unvermeidlichen Salzstaub und durch die Wasserdämpfe leiden würde; die Praxis zeigte aber, dass man die Lampen halbjährig nur einmal zu reinigen braucht, welche Arbeit ein Maschinenschlosser verrichtet. Die Arbeiter gewöhnten sich an die elektrische Beleuchtung so sehr, dass sie in einem Falle, als sich die Locomobile in Reparatur befand, die Arbeit bei der alten Beleuchtung nur gezwungen aufnahmen.

Zur Beleuchtung grosser Grubenräume eignet sich das elektrische Licht vorzüglich und dürfte mit

der Zeit auch bedeutend billiger zu stehen kommen. Unser Titelbild stellt einen Theil der elektrisch beleuchteten Grube dar.

Die bisher von Swan und Edison für die Grubenbeleuchtung construirten Glühlichtlampen wurden bereits im III. Bd. dieser Bibliothek (S. 33 und 38) besprochen; es möge nur noch auf den Werth der elektrischen Beleuchtung bei Tunnelbauten hingewiesen werden. Die moderne Technik scheut heutzutage auch vor Tunnelbauten von ganz bedeutender Länge nicht zurück; hierbei hat sie aber unter anderem mit zwei schwer zu überwindenden Hindernissen zu kämpfen: der Verschlechterung der Luft durch die Verbrennungsgase der Grubenlichter, und der hohen Temperatur im Erdinnern, welche durch die gewöhnlichen Lichter noch gesteigert wird. Die Bohrarbeit selbst wird gewöhnlich durch pneumatisch betriebene Maschinen ausgeführt Eine combinirte Anwendung der Elektricität zur Beleuchtung, zum Betriebe der Bohrmaschine,*) vielleicht auch zur Förderung und zur Bewegung eines Ventilators, wird sich hier gewiss vortheilhaft erweisen. Abgesehen von der besseren Beleuchtung ist das Verunreinigen und Erhitzen der Luft durch die Grubenlichter vermieden, und an Stelle der grösseren Raum beanspruchenden pneumatischen Maschinen die kleine elektrische gesetzt. Auch würden die elektrischen Kraftmaschinen eine höhere Arbeitsausbeute gestatten, da

*) Ein von Siemens & Halske construirter Gesteinsbohrer für Betrieb durch elektrische Ströme ist in der Zeitschrift für angewandte Elektricitätslehre von Ph. Carl, II. S. 309 beschrieben

z. B. die bei der Bohrung des St. Gotthard-Tunnels pneumatisch betriebene Bohrmaschine an Ort nur 4—8% Nutzeffect gab. (Berg- und hüttenmännische Zeitschrift von B. Kerl 1876, S. 139.)

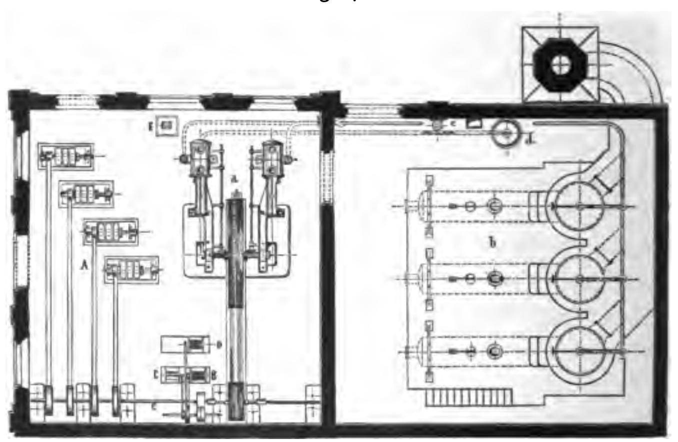
4. Die elektrische Beleuchtung in Theatern.

Das Stadt-Theater in Brünn.

Das im November 1882 eröffnete neue Stadt-Theater in Brünn bedeckt eine Grundfläche von etwa 2100 Quadratmeter und fasst in seinem Zuschauerraume beiläufig 1200 Personen. Zur Beleuchtung seiner sämmtlichen Räumlichkeiten ist ausschliesslich elektrisches Licht angewendet, und zwar in Form Edison'scher Glühlichtlampen. Diese beleuchten in Gestalt von Lustern das Treppenhaus, das Foyer und den Zuschauerraum, als Candelaber und Wandarme die Nebenlocalitäten und Gänge, in mit Schirmen versehenen Einzellampen das Orchester und in ähnlicher Weise die Bureaux. Die Beleuchtung auf der Bühne, der Soffitten, Seitenrampen, Versatzstücke etc. ist gleichfalls mit Edison-Glühlichtlampen ausgeführt. Jede Soffitte besitzt drei Lampenkreise, von welchen einer rothes, der andere grünes und der letzte weisses Licht geben kann. Die Einschaltung des einen oder anderen Kreises wird leicht und schnell durch einen Commutator bewirkt. Der Zweck dieser Anordnung ist, die Lichttöne der verschiedenen Tageszeiten hervorzubringen: für den hellen Tag das weisse, für den Morgen das rothe und für die Nacht das grüne Licht.

Die Beleuchtung des ganzen Hauses kann von einem Punkte aus in Thätigkeit gesetzt, unterbrochen oder regulirt werden. Die Regulirung erfolgt durch Ein- oder Ausschaltung von Neusilberwiderständen in der Art, wie dies bereits im Capitel über specielle Leitungen und Schaltungsweisen (S. 82) besprochen

Fig. 48.



wurde. Die Regulirung der Lichtstärken einzelner Kreise, z. B. der für den Zuschauerraum, insbesondere aber derjenigen, welche zur Beleuchtung der Bühne bestimmt sind, erfolgt durch einen eigenen auf der Bühne an passender Stelle aufgestellten Apparat. In diesem laufen die Drähte sämmtlicher Stromkreise zusammen und stehen mit Neusilberwiderständen in Verbindung. Die Drehung eines Hebels über eine Reihe von Contacten, deren jeder mit den Widerständen correspondirt, bewirkt die Ein- oder Ausschaltung von Wider-

ständen in dem dazu gehörigen Stromkreise, und regelt daher die Lichtstärke der betreffenden Lampen. In solcher Art können diese von ihrer grössten Helligkeit nach und nach bis zum völligen Erlöschen abgeschwächt werden, oder ihre Leuchtkraft successive bis zu ihrer Maximalintensität erhöhen.

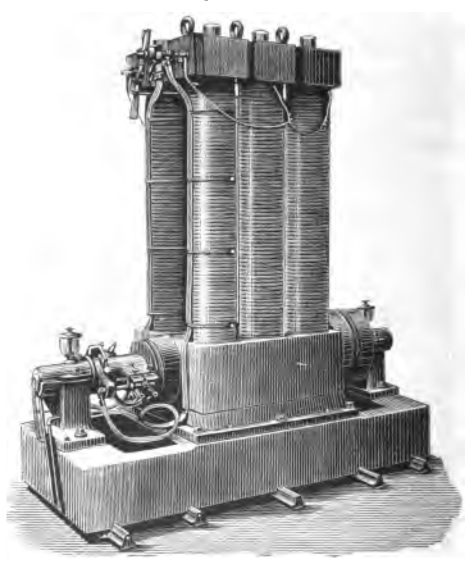
Eine derartige Regulirung der Lichtstärke einzelner oder sämmtlicher Lampenkreise auf einer Bühne wurde bereits gelegentlich der elektrotechnischen Versuche in München im Jahre 1882 von der Edison-Gesellschaft den Besuchern der Ausstellung vorgezeigt und fand allgemein, auch bei hervorragenden Theaterfachleuten, ungetheilte Anerkennung. Auf einem etwa $1^1/_2$ Meter langen Gestelle waren so viele Hebel angebracht, als Lampenkreise angewandt wurden, und jeder Hebel glitt mit einem Ende auf einer Reihe von Contacten, die bei Berührung derselben mit dem Hebelende grössere oder geringere Drahtwiderstände in den Stromkreis jener Lampenreihe einschalteten, zu welcher der Hebel gehörte.

Die Kraft- und Lichtmaschinen sind in einem Maschinenhause, welches beiläufig 315 Meter vom Theatergebäude entfernt ist, aufgestellt. Die allgemeine Anordnung ist aus dem Grundrisse in Fig. 48 ersichtlich.

Drei Dupuiskessel *b* zu je 56 Quadratmeter Heizfläche liefern den Dampf für den Motor. Als solcher dient eine Zwillings-Collman-Hochdruck-Maschine *a* von 100 Pferdekräften, deren Schwungrad 105 Touren macht; *c* ist die Speisevorrichtung, *d* der Vorwärmer und *e* die Seiltransmission.

Die Ströme für die Glühlichtlampen liefern 4 dynamoelektrische Lichtmaschinen *A* von Edison, und zwar jede für 250 Lampen à 16 Normalkerzen, bei einer Rotationsgeschwindigkeit ihrer Anker von 900 Touren. Fig. 49 ist die perspectivische Ansicht einer derartigen Lichtmaschine.

Fig. 49.



Im Maschinenraume stehen ferner eine Gramme-sche dynamoelektrische Maschine *B*, welche die 5 Bogenlichter (Lampen von Gramme) der Aussenbeleuchtung zu unterhalten hat, und 1300 Touren macht, eine zweite Gramme'sche dynamoelektrische Maschine *D*, welche den Strom zum Betriebe eines Ventilators im Theater liefert, und endlich der Stromregulirungs-Apparat *E*.

Die elektrischen Ströme werden vom Maschinenhause aus durch in die Erde versenkte Kabel zum Theatergebäude geleitet und theilen sich dort in die verschiedenen Stromkreise. Die Lampen sind in Parallelschaltung (Siehe S. 90) angeordnet und von einander vollkommen unabhängig. Die Leitungen sind an allen Abzweigungsstellen mit den l. c. beschriebenen Sicherheitsapparaten versehen, wodurch im Falle einer absichtlichen oder zufälligen Beschädigung der Leitung die dazugehörige Abzweigung selbstthätig ausgeschaltet wird, was zur Vermeidung von einer etwaigen Zündungsgefahr von Wichtigkeit ist.

Die elektrische Beleuchtungs- und Kraftübertragungsanlage wurde von der »Société électrique Edison in Paris« und von der »Commandit-Gesellschaft Brückner, Ross und Consorten in Wien« ausgeführt, während die Kessel- und Dampfmaschinenanlage die »Erste Brünner Maschinen-Fabriks-Gesellschaft« beistellte.

Das Savoy-Theater in London.

Fast gleichzeitig mit den Versuchen über elektrische Beleuchtung eines Theaters in der Pariser internationalen Ausstellung für Elektricität im Jahre 1881 entschloss sich der Eigenthümer des neuen Savoy-Theaters in London, d'Oyley Carte, dieses Theater mit Glühlichtlampen von Swan auszurüsten, und übertrug die Einrichtung derselben Siemens Brothers & Co., deren Elektrotechniker C. Köppler die Ausführung leitete.*)

*) Elektrotechn. Zeitschr. Bd. III, S. 160, nach Engineering Bd. 33, S. 204.

Das Theater ist mit nicht weniger als 1158 Swan-Lampen nach C. H. Gimingham's neuester Einrichtung von der Swan Electric Light Company ausgestattet. (Die Lampe ist im Bande III dieser Bibliothek, Seite 34, beschrieben und abgebildet.) Von dieser Gesammtzahl kommen 114 Lampen auf den Zuschauerraum; sie sind zu je dreien, auf eleganten dreiarmigen, von den ver-

Fig. 50.



schiedenen Stockwerken und Balconen vorspringenden Trägern vereinigt. Jede Lampe ist in eine matte Milchglasglocke eingeschlossen, wodurch ein sehr sanftes, angenehmes Licht erzielt wird. Fig. 50 giebt eine Ansicht dieser von Faraday & Son in London entworfenen und ausgeführten Lampenträger.

Für die Beleuchtung der zahlreichen Ankleidezimmer, Wege und Gänge des Theaters sind 220 Lampen erforderlich, während die übrigen 824 Lampen für die

Bühnenbeleuchtung dienen und wie folgt vertheilt sind:

6	Reihen zu je	100	Lampen	über der Bühne	= 600
1	Reihe zu	60	»	» » »	= 60
4	Reihen zu je	14	»	vertical angeordnet	= 56
2	» » »	18	»	» »	= 36
5	» » »	10	»	als Fusslichter	= 50
2	» » »	11	»	» »	= 22
				Summa Lampen	824

Ausser den oben erwähnten 220 Lampen im Innern des Theaters befinden sich im Maschinenraume noch 8 »Lootsen-Lichter«, die mit einigen Lampen im Theater in den Stromkreis eingeschaltet sind und daher durch Veränderung ihrer Leuchtkraft den den Dienst habenden Maschinenwärter von jeder Aenderung in der Bühnenbeleuchtung unterrichten.

Die Lampen sind in 6 Gruppen getheilt und arbeiten in parallelen Stromkreisen; fünf dieser Gruppen enthalten je 200 Lampen, die letzte enthält 166. Der Strom jeder Gruppe wird durch eine Siemens'sche Wechselstrom-Maschine (Modell W_1) hervorgebracht, deren Schenkel durch eine besondere dynamoelektrische Maschine (Siemens Modell D_7) erregt werden. Diese, sowie die Betriebsmaschinen sind in einem Schuppen aufgestellt, der auf einem zum Victoria-Embankment gehörenden wüsten Stück Landes errichtet ist, von wo aus der Strom durch ein isolirtes, unter dem Boden liegendes Kabel nach dem Theater geleitet wird.

Die 6 W_1-Maschinen arbeiten mit 70 Umdrehungen, die 6 Erreger-Maschinen mit 1150 Umdrehungen in der Minute; zu ihrem Betriebe dienen eine 20pferdige, transportable Dampfmaschine von Garett, eine 12pferdige

von Marshall und eine 20 pferdige halbtransportable von Robey, die jedoch eine Gesammtleistung von 120 bis 130 Pferdekräften entwickeln, wie durch Messungen mit einem Dynamometer von Hefner-Alteneck nachgewiesen wurde. Es muss hierbei jedoch erwähnt werden, dass von diesen Dampfmaschinen ausser den 6 Paaren elektrischer Maschinen noch eine D_2-Siemens-Dynamomaschine betrieben wird, welche den Strom für das ausserordentlich starke, über dem äusseren Haupteingange des Theaters angebrachte Bogenlicht liefert.

Zum Zwecke der Lichtregulirung sind an der Wand eines kleinen Raumes auf der linken Seite der Bühne sechs Regulirhebel — entsprechend der Zahl der Maschinen und Stromkreise — neben einander angebracht, deren jeder einen sechsfachen Umschalter bildet, durch welchen in dem seinem eigenen Stromkreise entsprechenden erregenden Stromkreise ein grösserer oder geringerer Widerstand (steigend oder abnehmend in 6 verschiedenen Graden) eingeschaltet werden kann; hierdurch nimmt die Stärke des durch die Lampen gehenden Stromes in demselben Masse ab oder zu.

Es ist nicht unwesentlich, dass mit der Verminderung der Lichtstärke eine entsprechende Ersparniss an Betriebskraft der Dampfmaschinen Hand in Hand geht, denn der durch die Regulatoren derselben controlirte, veränderliche Widerstand wird nicht in den äusseren oder Lampenstromkreis der betreffenden Wechselstrom-Maschine geschaltet, sondern in den Strom, durch den ihre Magnete erregt werden. Um eine Reihe von Lampen dunkler zu machen, wird ein grösserer Widerstand in den Strom derjenigen Dynamomaschine

gebracht, welche die Magnete der dieser Lampenreihe entsprechenden Wechselstrom-Maschine in Thätigkeit setzt; die Intensität des magnetischen Feldes dieser letzteren Maschine wird hierbei verringert und folglich werden die von diesem Felde inducirten und zu den Lampen fortgeleiteten Ströme in ihrer Stärke abgeschwächt; durch die Schwächung der magnetischen Intensität aber wird der mechanische Widerstand gegen die Drehung entsprechend vermindert, also weniger treibende Kraft erfordert.

Die in die Stromkreise einzuschaltenden Widerstände haben zweierlei Form; vier der obenerwähnten Umschalter übertragen den erregenden Strom auf lange Spiralen von Eisendraht, welche in einem Rahmen so gelagert sind, dass die Luft frei um dieselben strcichen kann, um jeder durch den Strom verursachten Erhitzung vorzubeugen; für die beiden anderen Umschalter sind statt der Spiralen zickzackförmig gebogene Bandeisen mit derselben Anordnung gewählt.

5. Centralstation für elektrische Beleuchtung in New-York.*)

Die Frage der praktischen Verwendbarkeit des elektrischen Glühlichtes für allgemeine Beleuchtungszwecke, sowie die Concurrenzfähigkeit desselben mit dem Leuchtgas wird durch die elektrische Beleuchtung

*) Aus: Der Techniker, New-York. Bd. IV. S. 343 und Bd. V. S. 71.

eines Theiles des Geschäftsviertels der Stadt New-York durch die »Edison Electric Illuminating Co.« ihrer Lösung näher treten. Es wird sich dabei entscheiden, ob Edison sein Versprechen, das elektrische Licht

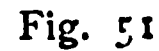


Fig. 51



billiger wie Gaslicht zu liefern, halten kann. Während früher die masslose Reclame sensationssüchtiger Zeitungen ein gerechtfertigtes Misstrauen bezüglich des Erfolges seines Beleuchtungssystems hervorrief, hat er jetzt Gelegenheit, die Vorzüge und Mängel seines Systemes in grösserem Massstabe praktisch zu erproben, und wird es möglich sein, auf Grund der erhaltenen Resultate ein endgiltiges Urtheil abzugeben.

Der District, welcher von der ersten »Edison Electric Lighting Station« in Nr. 257 Pearl nahe Fulton-Strasse, aus beleuchtet werden soll, Fig. 51, umfasst ein Gebiet, welches im Osten durch den East River, im Westen durch die Nassau Street, im Norden durch Spruce Street, Ferry Street und Peck Slip, und im Süden durch Wall Street begrenzt ist. Nach der Aussage des Chef-Ingenieurs der Gesellschaft, Edward H. Johnson, erstreckt sich bis jetzt (15. Sept. 1882) der Betrieb auf ein Drittel des Districtes. Achtzehn Meilen Leitung sind gelegt und 3000—5000 Glühlichter werden von der Hauptstation gespeist, während im Ganzen 16.000 Lichter aufgestellt werden sollen. Im Districte befinden sich 1500 Gasconsumenten, von denen 1100 die elektrische Glühlicht-Beleuchtung versuchsweise angenommen haben. Die ganze Station soll, wenn fertig, 32.000 Lichter speisen können; von den jetzigen grösseren Consumenten erwähnen wir: Drexel, Morgan & Co. mit 100 Lampen; Winslow, Sanier & Co. mit 50—60 Lampen; Ansonia Brass & Copper Co. mit 100; Washburn, Moen & Co. mit 50 Lampen.

Das Stationsgebäude — 50′ bei 100′ gross und 4 Stock hoch — war früher für commercielle Zwecke bestimmt und bedurfte daher wesentlicher Veränderungen, um die kolossalen Maschinen sicher aufstellen zu können. In dem Kellergeschoss der einen Hälfte sind vier Dampfkessel von dem Babcock & Wilcox-System (Siehe »Techniker« IV., Nr. 5), jeder für 250 Pferdekräfte, aufgestellt, die ihren Dampf in ein horizontales 8″-Rohr abgeben, von wo er durch 5″-Röhren zu den Betriebsmaschinen der darüber aufgestellten »Dampf-Dynamos«,

wie Edison die directe Combination einer Dampfmaschine mit einer dynamoelektrischen Maschine kurzweg nennt, geführt wird. (Siehe Fig. 52.)

Der vordere Theil des Kellergeschosses dient als Reservoir für die Kohlen und Lagerplatz für die Asche.

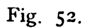
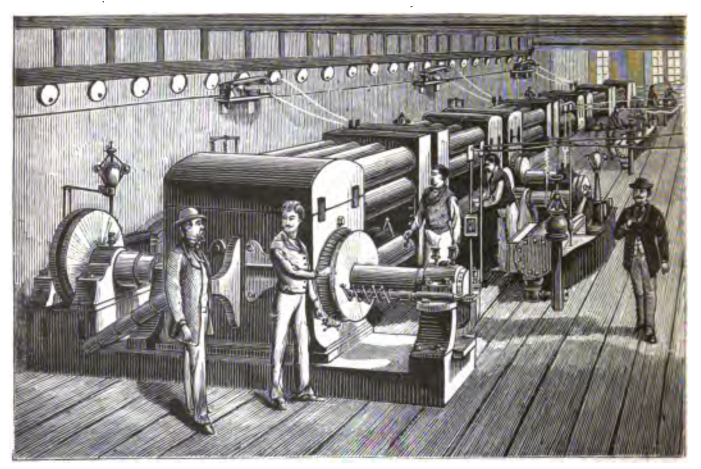


Fig. 52.



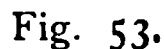
Der Transport der Kohlen und Asche geschieht durch Förderschrauben, welche von einer besonderen Dampfmaschine betrieben werden. Diese letztere treibt ausserdem noch Gebläse für die Dampfkessel-Feuerungen und einen Ventilator, der mit den Dynamos durch Röhren verbunden ist, um die Armaturen derselben kühl zu halten.

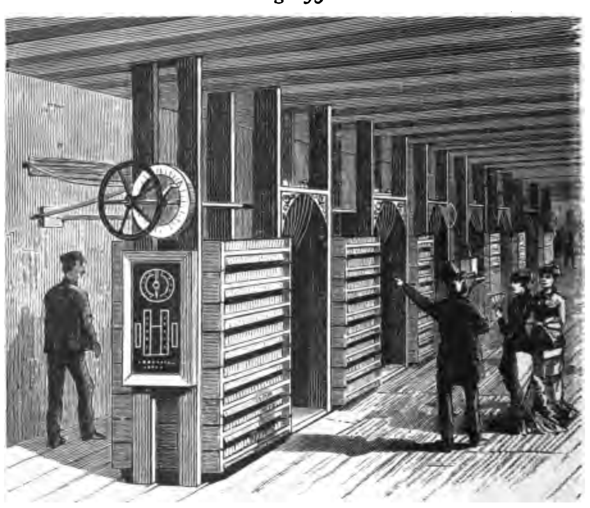
Im Gebäude sind bis jetzt 6 grosse Dampf-Dynamos in einer Reihe aufgestellt, von der Construction, wie sie in Nr. 4, IV. des »Techniker« (und auch

im Bande I, S. 102, dieser Bibliothek) illustrirt und beschrieben wurden. Jede dieser dynamoelektrischen Maschinen ist direct mit einen Porter-Allen-Dampfmaschine von 120 Pferdekräften, einer Cylinderlänge von 16", Cylinderdurchmesser von $11^3/_{16}$", einer Kolben-Geschwindigkeit von 933' per Minute und 350 Umdrehungen per Minute bei 120 ibs. Dampfdruck verbunden. Da es praktisch sehr schwer ist, die zwei Lager der Dampfmaschine mit den zweien der dynamoelektrischen genau in eine gerade Linie zu bringen, so ist zwischen den Wellen beider Maschinen eine Kuppelung eingesetzt, durch welche etwaige Unregelmässigkeiten in den Lagerungen ausgeglichen werden. Jede Dampfmaschine mit ihrer dynamoelektrischen Maschine ist auf einer Grundplatte von 14' bei 8' 9" aufgestellt, die aus zwei verbundenen Gussstücken besteht. Proben haben gezeigt, dass die aufgestellten Dampf-Dynamos bei voller Geschwindigkeit vollständig balancirt laufen und kaum merkbare Erschütterungen des Bodens veranlassen. Die nominelle Leistungsfähigkeit jeder dynamoelektrischen Maschine ist auf 1200 Glühlichter von 16 Kerzenstärke veranschlagt, doch wird behauptet, dass die Maximal-Leistungsfähigkeit 50% höher ist. Der Widerstand der Armatur beträgt 0·0038 Ohm, und der erzeugte Strom ist von einer so geringen Intensität, dass man die Leitungen an der Maschine mit den Händen verbinden kann, ohne einen gefährlichen Schlag zu erhalten.

Die Ableitungen der einzelnen Dampf-Dynamos gehen nach zwei horizontalen einen Zoll starken, kupfernen Hauptleitern, von welchen sich der Strom

in die Strassenleitungen abzweigt. Die Contacte zum Ein- und Ausschalten der Dampf-Dynamos haben natürlich grosse Dimensionen und besitzen jeder drei Paar abgeschrägte Unterflächen von 4″ Breite, damit der Strom in ihnen nur einen unbedeutenden Widerstand findet. Die Strassenleitungen sind schon auf Seite 87


Fig. 53.



ausführlich beschrieben Die Hausleitungen variiren von 2—10mal Nr. 10 Draht.

Die Feldmagnete erhalten nicht den vollen Strom der Maschine, sondern nur einen Zweigstrom, der durch eingeschaltete Widerstände regulirt wird, so dass der ganze Widerstand des Zweigstromes von dem geringen Bruchtheil eines Ohm bis $7^1/_2$ Ohm je nach den Bedürfnissen festgesetzt werden kann. Diese Regulirungs-

vorrichtung für die Feldmagnete und also auch für die ganze Dampf-Dynamo ist in einem andern Raume (Fig. 53) aufgestellt und wird von einem besonderen Wärter bedient, welcher mit Hilfe eines Indicators mit einem rothen und einem blauen Glühlichte den Strombedarf erkennen kann. Fängt die blaue Lampe, wenn eingeschaltet, zu glühen an, so ist ein grösserer Widerstand in der Zweigleitung der Feldmagnete nöthig, und ein geringerer, wenn die rothe glüht. Der Wärter schaltet durch Drehung einer Contactwelle mit der Hand die nöthige Anzahl von Widerständen ein oder aus, bis keine der beiden Indicator-Lampen mehr glüht, in welchem Falle der Strom auf das normale Mass regulirt ist.

Um die Dampf-Dynamos schnell und sicher auf ihren Zustand prüfen zu können, ist in einem anderen Raume eine Probirbatterie aufgestellt, welche aus 1000 Glühlichtern von je 16 Kerzenstärke besteht. Erglühen alle Lampen in der richtigen Weise, so ist die Maschine in gutem Zustande; im anderen Falle ist etwas fehlerhaft, und sind die einzelnen Theile einer eingehenden Untersuchung zu unterwerfen.

Diese Centralisation ist übrigens durchaus noch nicht vollkommen. Edison selbst experimentirt ununterbrochen, und es geht aus allem seinen Thun hervor, dass er selbst am wenigsten mit seiner Anlage zufrieden ist. Wie erwähnt, enthält die Station 6 grosse »Dampf-Dynamos«, welche ihre Ströme in eine gemeinschaftliche Hauptleitung senden. Das geht nun ganz gut, so lange die einzelnen Maschinen Ströme von genau gleicher Intensität und Quantität erzeugen. Ist dies

aber nicht der Fall, und wechselt der von einer der Maschinen erzeugte Strom auch nur für einen Moment aus irgend einer Ursache, so werden dadurch Störungen in den anderen Maschinen hervorgerufen. Die Quelle dieses Uebelstandes glaubt Edison in den treibenden Dampfmaschinen von »Porter-Allen« gefunden zu haben, und ist jetzt daran, dieselben durch »Lavrence-Maschinen« von der »Armington & Sims Co.« zu Providence, R. J. zu ersetzen. (Siehe auch S. 25.)

Um gerecht zu urtheilen, muss jedoch auch darauf hingewiesen werden, dass von den Gegnern der elektrischen Beleuchtung der geringste Fehler einer elektrischen Anlage gleich zu einer Wichtigkeit aufgebauscht wird, die, wenn sie thatsächlich bestünde, die ganze Anlage unmöglich machen müsste. Machte sich doch erst kürzlich ein Anonymus in dem American Gas-Light Journal den Spass, denn als solcher muss die Mittheilung aufgefasst werden, zu schreiben, die Isolirung des Leitungsnetzes in Newyork sei derart mangelhaft, dass Edison nur 50 Häuser beleuchten könnte! Dem gegenüber theilt Uppenborn folgendes mit: *)

Die gesammte Leitungslänge des ersten Districtes beträgt 79.000'. Die Leitung ist in Baulängen von 20' fabricirt. Diese Strecken wurden sämmtlich einzeln sorgfältig geprüft und diejenigen ausgeschlossen, deren Isolationswiderstand weniger als 150,000.000 Ohms betrug. Hieraus ergiebt sich der Isolationswiderstand des ganzen Leitungsnetzes zu

$$\frac{20 . 150{,}000.000}{79.000} = 37.974 \text{ Ohms.}$$

*) Uppenborn, Centralblatt für Elektrotechnik, Bd. V, S. 54.

Hiernach ist es leicht, auch den Verlust zu berechnen

$$E = i^2 w = \frac{e^2}{w} = \frac{110^2}{37.974} = 0{\cdot}32 \text{ Voltampères.}$$

Da nun nach Uppenborn's eigenen Messungen eine Edison-Lampe die Normalkerze mit einem Aufwande von 4·5 Voltampères erzeugt, so berechnet sich daraus der ganze Verlust zu 0·07 Normalkerzen.

Sollte jemand vielleicht eine Gasanstalt namhaft machen können, welche bei einer Rohrleitung für 280.000 Normalkerzen nur 0·07 Normalkerzen verliert?

6. Die Strassenbeleuchtung in Nürnberg.*)

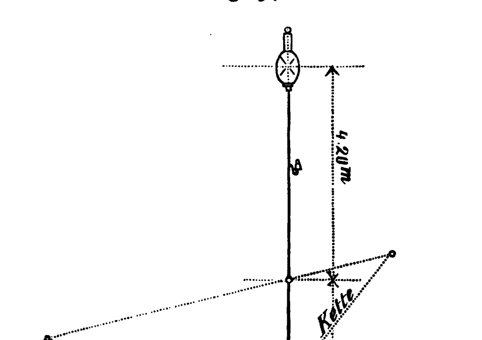
Der Motor, welcher zum Betriebe der Lichtmaschine benützt wird, ist eine Haag'sche sogenannte amerikanische Turbine. Sie wird durch den Fischbach in Bewegung gesetzt, der ein Gefälle von 4·5 Meter hat und bei Mittelwasser 110 Secundenliter liefert. Auf der Welle der Turbine ist eine horizontale Riemenscheibe angebracht, von der aus die Kraft mittelst eines halbgeschränkten Riemens direct auf die Lichtmaschine übertragen wird.

Die Dynamomaschine ist eine Schuckert'sche Flachringmaschine (I. Bd. dieser Bibliothek, S. 69) Mod. $T. L_2$, und ist für 3 Lampen à 1200 N.-K. bestimmt. Der Ring derselben hat 3·3, der Magnet 2·5 Ohms Widerstand. Die Tourenzahl ist gleich 1050. Die Stromstärke beträgt 8·6 Ampères, die Klemm-

*) Aus Uppenborn, Zeitschrift für angewandte Elektricitätslehre, Bd. IV, S. 418.

spannung 160 Volts. Die Maschine giebt nur sehr kleine Funken und erwärmt sich sehr wenig. Im Maschinenlocal ist ein Strommesser und ein Stromregulator angebracht, damit der Maschinist das Arbeiten der Anlage, vor Allem der Turbine, leicht überwachen und eventuell reguliren kann.

Fig. 54.



Die Leitung ist circa 500 Meter lang und besteht aus 4 Mm. starkem Kupferdraht, welcher auf Isolatoren weiter geführt ist. Der Widerstand beträgt daher circa 0·66 Ohms. Bei 8·6 Ampères beträgt somit der Spannungsverlust nur 5·7 Volts.

Die Lampen sind Stablampen nach dem System Piette & Křižik in der von Schuckert abgeänderten Form (Bd. III dieser Bibliothek, S. 173).

Die Candelaber haben eine sehr praktische Einrichtung erhalten. Dieselben sind, ähnlich denen von

Jaspar, so construirt, dass sich ein Theil aus dem Stamme herauslöst und umknickt, wie aus Fig. 54 zu ersehen. Das untere Ende des drehbaren Stammes ist an einer Kette befestigt, welche mittelst einer Winde wieder aufgewunden wird. Fig. 55 stellt den Candelaber in perspectivischer Ansicht dar. Es lässt sich nicht leugnen, dass derselbe mit Geschmack ausgeführt ist und sich hierdurch vortheilhaft vor vielen anderen Candelabern auszeichnet. Das Einsetzen der Kohlenstäbe lässt sich auf diese Art bequem ausführen. Die Leitung endigt an zwei Isolatoren, welche in der Nähe des oberen Auslösungspunktes angebracht sind. Von hier führen zwei biegsame Kabel in den hohlen Schaft hinauf. Dieselben sind an dem Bügel, in welchem die Lampe hängt, befestigt und treten durch den hohlen Drehzapfen in das Gehäuse derselben ein.



Fig. 55.

Die **Anlagekosten** betragen nach Mittheilungen des städtischen Ingenieurs **Wagner** 6500 M. Dies lässt erkennen, dass eine grössere Beleuchtungsanlage ziemlich billig kommt. Im Uebrigen hätte bei vorliegender Anlage ein erheblich dünneres Leitungsmaterial verwendet werden können. Ein Spannungsverlust von 15 Volts ist immerhin noch zulässig, da er nicht mehr als $10^{0}/_{0}$ beträgt. Es hätte somit ein Draht von circa $^{1}/_{3}$ Querschnitt, also beiläufig 2·4 Mm. Durchmesser

genügt. Die Dynamomaschine kostet 900 M., also per Licht 300 M. Eine Maschine für 12—14 Lichter kostet dagegen nur 2400 M., also nicht ganz 200 M. per Lampe. Obwohl nun, wie man aus Obigem ersieht, die Anlage für die Elektricität keine günstige ist, gestaltet sie sich doch billiger als das städtische Gas. Wird die Anlage mit 10% amortisirt, so kommen auf den Tag 178 Pfennige. Die Lampen sollen die ganze Nacht hindurch brennen, so dass man circa 8 Brennstunden im Mittel rechnen darf. Die Tageskosten betragen sonach:

Amortisation	M.	1·78
24 Brennstunden Kohle à 8 Pf. . .	»	1·92
Schmieröl . . . . circa	»	—40
Summa . .	M.	4·10

Für Kraft und Bedienung ist nichts anzusetzen, weil erstere thatsächlich, als früher unbenützbar, nichts kostet, und die geringe Bedienung, welche erforderlich ist, von einem städtischen Beamten mit übernommen wurde.

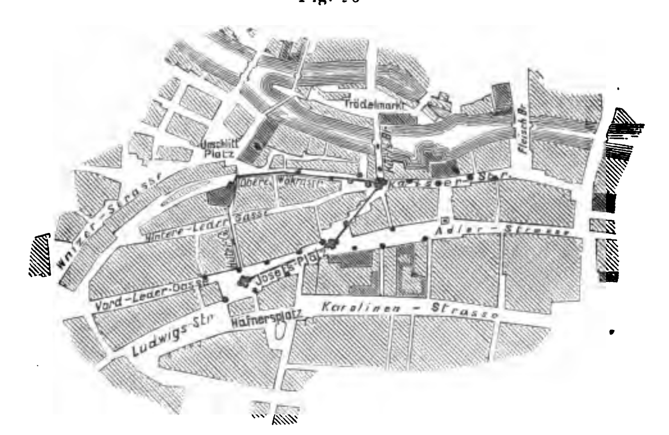
Figur 56 giebt einen Plan der Beleuchtungsanlage. Zwei Candelaber sind auf dem Josefsplatze aufgestellt und eine Lampe in der Kaiserstrasse aufgehängt. Die elektrischen Lampen sind durch Kreuze, die dafür gelöschten Gaslampen durch Punkte gekennzeichnet. Bisher sind 27 Gasflammen gelöscht (auf dem Plane ist eine vergessen). Die Kosten der früheren Gasbeleuchtung betrugen:

$$27 . 8{\cdot}3 \text{ Pf.} = 6{\cdot}48.$$

Nachdem nun die Beleuchtung einige Zeit lang im Betriebe war, liess Ingenieur Wagner Versuche

anstellen, bezüglich der Leistung der einzelnen Lampen. Hierbei stellte sich heraus, dass der erste Candelaber auf dem Josefsplatze ungünstig placirt war, so dass derselbe factisch nur 3 Gaslampen ersetzte. Wenn man ihn auslöschte, so leuchtete die am Ende des Josefsplatzes nach der Kaiserstrasse zu gelegene Lampe nämlich noch bis an das andere Ende des Josefsplatzes

Fig. 56



derart, dass man noch lesen konnte. Dieser Candelaber wird daher noch weiter in die vordere Ledergasse hineingerückt werden, so dass die 3 elektrischen Lampen dann 35 Gaslampen nicht nur thatsächlich ersetzen, sondern eine noch viel bessere Beleuchtung herstellen, als die frühere Gasbeleuchtung. Bei der neuen Placirung des Candelabers werden also in Summa 35 Gasflammen ersetzt, was 8·5 M. beträgt. Die elektrische Beleuchtung kostet somit nur circa 50% der früheren Gasbeleuchtung.

Schuckert in Nürnberg hat auch eine fahrbare Einrichtung für elektrisches Licht construirt und dieselbe während der elektrischen Versuche im Glaspalaste zu München (im Jahre 1882) zur Ausstellung gebracht und in Thätigkeit gesetzt.

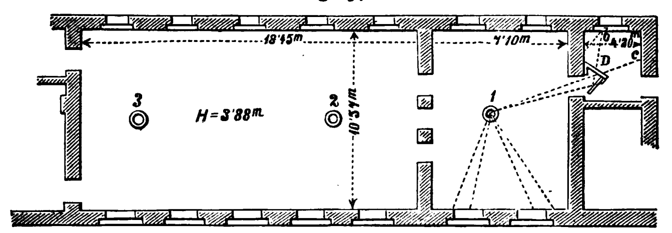
Der Zweck derselben ist ein ähnlicher wie jener, der bei der Einrichtung fahrbaren Lichtes auf Eisenbahnen verfolgt wird. Die Vorrichtung dient also dazu, um bei dringenden nächtlichen Arbeiten am gewünschten Orte schnell eine ausreichende Beleuchtung herstellen zu können.

Zu diesem Behufe ist auf einem fahrbaren Gestelle eine Dampfmaschine, System Abraham, in directer Kuppelung mit einer Schuckert'schen Flachring-Maschine montirt. Auf einem zweiten Gestelle mit 4 Rädern befindet sich eine Lampe nach dem Systeme Piette und Křižik. Dieselbe ist auf einer vierseitigen Pyramide befestigt, deren Seitenflächen aus scheerenförmig gekreuzten Eisenstäben bestehen. Diese Eisenstäbe sind an ihren Kreuzungsstellen und an ihren Enden, welche die 4 Seitenkanten der Pyramide bilden, drehbar mit einander verbunden. Jede Seitenfläche bildet also eine Art venetianischer Blumenscheere. Eine am Wagengestelle angebrachte Kurbel gestattet, in Verbindung mit Zahnrad- und Schraubenübersetzung, die Scheere auszudehnen oder zusammen zu schieben. Durch die erstere Operation kann die Lampe über die Höhe eines ersten Stockwerkes gehoben werden und stellt so, in Verbindung mit der fahrbaren Dampf- und Dynamomaschine, einen schnell aufstellbaren, leicht zu transportirenden Leuchtthurm dar.

7. Die elektrische Beleuchtung des Telegraphenbureaus in Brüssel.*)

Bei dem hier zu lösenden Probleme hatte man die bedeutende Schwierigkeit zu überwinden, dass in einem geschlossenen, verhältnissmässig niedrigen Raume eine Fläche von etwa 1000 Quadratmeter ausreichend hell und gleichförmig zu beleuchten war. Ferner musste jede Blendung des Auges vermieden und das Licht so vertheilt werden, dass die im Saale beschäftigten Per-

Fig. 57.



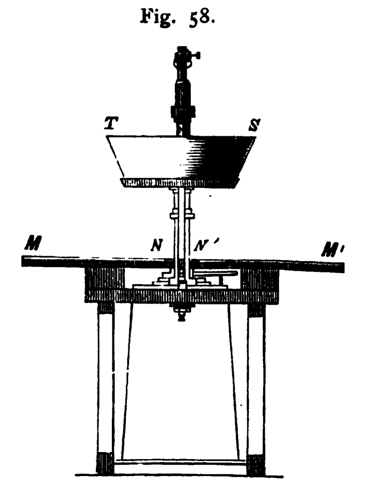
sonen keine Schatten auf die Telegraphenapparate werfen können.

Jaspar wandte zuerst drei seiner Bogenlampen an, und vertheilte deren Licht durch Reflexion von der Decke und den Mauern über den ganzen Raum. Die Decke und die Mauern wurden zu diesem Behufe weiss angestrichen und die Fenster durch weisse Leinenvorhänge geschlossen; ein System prismatischer Reflectoren warf das Licht der Voltabogen gegen die Decke. Die Lampen waren auf Dreifüssen von 2·75 Mtr. Höhe an

*) Nach einem Berichte von M. J. Dumont, »L'électricien«, III., p. 318.

den Punkten 1, 2 und 3, Fig. 57, aufgestellt. Da, wie bekannt, von dem Krater des positiven Poles der weitaus grösste Theil der Lichtstrahlen ausgeht, wurde der positive Pol an der unteren Kohle erzeugt. Zur Unterstützung der Kraterwirkung diente ein mit seiner hohlen Seite nach oben gekehrter Reflector. Ein unterhalb dieses Reflectors angebrachter Kegelstutz aus mattem

Fig. 58.



Glase ergänzte die Wirkung des ersteren und entzog gleichzeitig den blendenden Voltabogen den Augen der im Saale Beschäftigten.

Das mit dieser Anordnung in Bezug auf die Quantität des reflectirten Lichtes erzielte Resultat war vollkommen zufriedenstellend. Die Constanz in der Helligkeit und Färbung liess jedoch sehr viel zu wünschen übrig. Diese Veränderungen rühren daher, dass bei Anordnung des positiven Poles als unteren Pol der Krater

desselben sich immer mehr mit fremden Substanzen (mineralischen Bestandtheilen) füllt, welche zum Theil schmelzen, zum Theil verdampfen, und hierdurch auf das Licht wesentlich verändernd einwirken.

Jaspar entschloss sich daher zur Anwendung einer doppelten Reflexion. Die positive Kohle wurde, wie dies gewöhnlich geschieht, wieder oben angeordnet, und horizontale Spiegelscheiben MN, $M^1 N^1$, Fig. 58, dazu benützt, um die vom positiven Krater nach abwärts gesandten Strahlen gegen die Decke zu werfen. Die Reflexion durch diese Spiegel wird noch durch die Reflectoren S, T, vervollständigt, welche so angeordnet sind, dass sie zusammen einen Pyramidenstutz bilden, dessen Innenflächen aus vernickeltem Eisenblech hergestellt sind. Gleichzeitig verhindert dieser Stutz die Blendung der im Saale amtirenden Personen.

Auf diese Art wurde ein Licht von gleichbleibender Intensität erhalten, und trotzdem, dass die jetzt angewandte doppelte Reflexion mehr Licht absorbirte als bei der ersten Anordnung verloren ging, war die Gesammtbeleuchtung doch noch mehr als ausreichend.

Von besonderem Interesse ist die Verwendung der Lampe 1 (Fig. 59). Wie die übrigen Lampen ist auch diese mit einem horizontalen Reflector MN und konisch zusammengesetzten Reflectoren S T ausgerüstet, welche dazu bestimmt sind, das Licht gegen die Decke zu werfen. Man ersieht aber aus der Figur, dass der horizontale Reflector mit verschiedenen Ausschnitten versehen ist, und die Lampe selbst innerhalb eines Kranzes von Linsen L steht. Die Wirkung dieser Einrichtung ist folgende: Die kegelförmigen Strahlenbüschel, welche

vom Krater der oberen positiven Kohle ausgehen, können, soweit es die Oeffnungen in dem horizontalen Reflector gestatten, auf eine in dieser Richtung stehende Linse fallen, welche diesen Strahlenkegel in ein nach

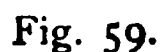
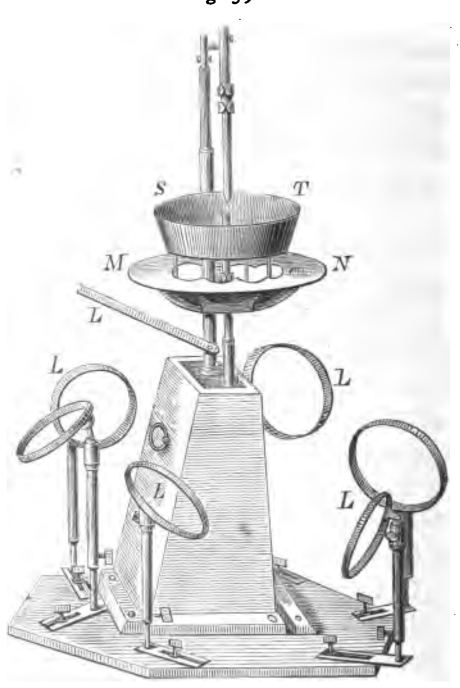


Fig. 59.



Wunsch mehr oder weniger paralleles Strahlenbüschel fasst, das dann durch Planspiegel dorthin geleitet wird, wo man eben die Beleuchtung wünscht.

Aus dem eben Gesagten und der Figur ersieht man, dass das Licht der Lampe 1 zum Theile in der

früher angegebenen Art an die Decke reflectirt wird und zur Beleuchtung des Saales dient, in welchem die Lampe steht, zum Theile in verschiedene Strahlenbüschel zerlegt, an anderen beliebigen Orten die Beleuchtung übernimmt.

Man hat also hier in der That eine Art der Lichttheilung vor sich und zwar eine Theilung auf optischem Wege. In welcher Art von dieser Theilung im Telegraphenbureau zu Brüssel Gebrauch gemacht wurde, zeigt der in Fig. 57 punktirt gezeichnete Strahlengang. Bei *D* ist ein Spiegel angebracht, von welchem die Lichtstrahlen gegen den weissen Fensterverschluss *b* geworfen werden, der dann durch Reflexion die Beleuchtung des Arbeitsplatzes besorgt. Ein anderer Strahl fällt bei *c* auf die Wand oberhalb des Arbeitspultes eines dort beschäftigten Beamten.

In Belgien hat sich dieses System der Beleuchtung und Lichttheilung schon in vielen industriellen Etablissements Eingang verschafft.

8. Die elektrische Beleuchtung in Werkstätten und Fabriken.

Die elektrische Beleuchtung ist stets vortheilhaft, sobald es sich darum handelt, in einem grösseren Raume mehr als 20 Gasflammen zu ersetzen. Hierbei ist der Vortheil nicht nur in Anbetracht der Kosten auf Seite der elektrischen Beleuchtung, sondern es sind noch andere Umstände zu erwägen, die zu ihren Gunsten sprechen. Die Beleuchtung durch Elektricität ist eine

viel ausgiebigere und bessere. Dadurch wird aber auch eine leichtere Ueberwachung der Arbeiter erzielt, und diese selbst arbeiten besser. Ferner machen sich die schlechten Folgen für die Augen des Arbeiters bei anhaltender Nachtarbeit weniger geltend, indem derselbe nicht genöthigt ist, sein Auge z. B. einmal der schwachen Beleuchtung seines Werkzeugkastens, ein nächstes Mal der hellen Beleuchtung seines Arbeitsplatzes zu accommodiren. Die oft lästig auftretende bedeutende Erhitzung der Arbeitsräume und die Verschlechterung der Luft durch die vielen Gasflammen ist gänzlich vermieden.

Diese Vortheile wurden auch rasch erkannt, und gegenwärtig sind daher die verschiedenartigsten Fabriken und Werkstätten in grosser Anzahl mit elektrischen Beleuchtungsanlagen versehen. Wir geben nachstehend aus Fontaine's »Elektrischer Beleuchtung« ein Beispiel für viele.

Die Giesserei von Ducommun in Mühlhausen.

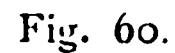
Es sind daselbst seit ungefähr sieben Jahren vier Gramme'sche Maschinen und vier Lampen von Serrin zur vollen Zufriedenheit der Giessereibesitzer im Betriebe.

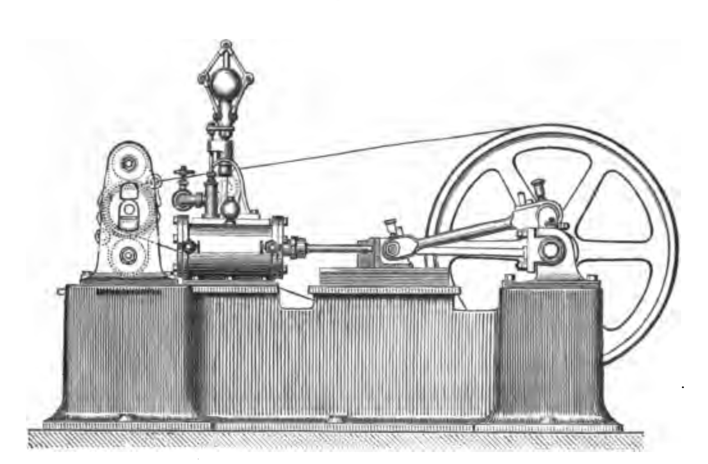
Der beleuchtete Raum besteht in einer grossen Halle von 56 Mtr. Länge und 28 Mtr. Breite. Der ganzen Länge des Gebäudes entlang bewegen sich zwei grosse Laufkrahne. Ferner befinden sich an den Längsseiten, in gleicher Höhe mit den Laufkrahnen, Gallerien von einigen Metern Breite.

Die Lampen sind auf Consolen angebracht, welche nur wenig über die Seitengallerien vorspringen und

durch Leitern erreichbar sind. Sie befinden sich der Längsrichtung des Gebäudes nach je 21 Mtr. und der Breite nach je 14 Mtr. von einander entfernt und ihre Brennpunkte liegen 5 Mtr. hoch über dem Fussboden.

Die Gramme'schen Lichtmaschinen stehen in einem von der Halle getrennten Raume, in welchem sich auch


Fig. 60.



die Dampfmaschine und deren Kessel zum Betriebe eines Ventilators befinden. Dieselbe Dampfmaschine dient mit Hilfe eines Vorgeleges auch zum Betriebe der 4 Lichtmaschinen. Sie ist nach dem Systeme Sulzer gebaut, ihr Gang ist ein sehr regelmässiger und der Kohlenverbrauch gering.

Die Herstellung der ganzen Anlage kostete in runder Summe 10.000 Francs; dieser Betrag kommt der Anlage von 250 Gasflammen gleich, während die

durch die elektrische Beleuchtung erzielte Helligkeit über 400 Gasflammen ausmacht.

Im Anschlusse an die Beschreibung dieser Beleuchtungs-Anlage möge noch einiger constructiver Anordnungen in der Verbindung und Aufstellung der Lichtmaschine und ihres Motors gedacht werden, die von Heilmann und Ducommun ausgeführt wurden. Hierbei ist die Gramme'sche Lichtmaschine sammt ihrem Motor, einer kleinen Dampfmaschine, auf einem gemeinsamen Gestelle montirt, wie dies Fig. 60 darstellt. Diese Anordnung ist namentlich dann zu empfehlen, wenn für die Lichtmaschine nicht ein bereits vorhandener Motor benützt werden kann, sei es, dass dessen Kraft ohnehin schon anderweitig ausgenützt ist, oder dass sein Gang nicht jene Regelmässigkeit besitzt, die zum Betriebe einer Lichtmaschine gefordert werden muss. Der Dampf zum Betriebe dieses kleinen Motors kann natürlich dem Kessel der Fabriksmaschine entnommen werden.

Um jede Erschütterung zu vermeiden, ist das Gestell der Maschine breit und kräftig gehalten. Die Aufstellung kann auf einem Raume von 2·25 Meter auf 1 Meter erfolgen. Die Kurbelaxe der Dampfmaschine macht 150 Umdrehungen, die Gramme'sche Maschine 850 Umdrehungen per Minute.

Die Lichtmaschine ist mit einer Spannvorrichtung versehen, welche gestattet, die Entfernung zwischen Motor und Lichtmaschine zu verändern, um in dieser Weise dem Riemen stets die richtige Spannung geben zu können. Der Preis eines completen derartigen Apparates, Motor und Lichtmaschine, beträgt 4000 Francs.

9. Das Schmelzen schwerflüssiger Stoffe durch den Voltabogen.

Zur Erreichung sehr hoher Temperaturen standen bis jetzt zwei Mittel zur Verfügung: Das Knallgasgebläse und der Regenerativofen. Bei ersterem wird ein sehr hoher Hitzegrad durch die Vereinigung reinen Sauerstoffes mit einem reichen brennbaren Gase unter Einwirkung eines Gebläses erzielt, während beim Regenerativofen die durch langsame Verbrennung eines armen Gases erzeugte Wärme durch eine Art Aufsammlungsverfahren in Wärmemagazinen in ihrer Wirkung gesteigert wird.

Die bei beiden Verfahren erzielten Temperaturen reichen jedoch bei Weitem nicht an jene Temperatur hinan, welche durch den Voltabogen erreicht werden kann. Schon im Jahre 1807 war es Humphrey Davy gelungen, mittelst eines Stromes von 400 Wollaston-schen Elementen Pottasche zu zersetzen; aber erst die Entwicklung und Ausbildung der elektrischen Maschinen bis zu ihrem heutigen Stande konnte die Idee aufkeimen lassen, die durch den Voltabogen erzeugte, alle durch die bisher bekannten Mittel erreichbare, weit übersteigende Temperatur zur Schmelzung grösserer Mengen schwerflüssiger Stoffe zu benützen.

William Siemens*) hat nun in der That einen Apparat ersonnen, durch welchen er in den Stand gesetzt wurde, schwerflüssige Stoffe in grösserer Menge

*) Uebersetzung nach dem Englischen in der Elektrotechnischen Zeitschrift, 1880.

durch den elektrischen Strom zu schmelzen. Er beschreibt denselben in nachfolgender Weise:

Der Apparat besteht aus einem gewöhnlichen Schmelztiegel *T* von Graphit (Fig. 61) oder anderem sehr schwer schmelzbaren Materiale, welcher in ein

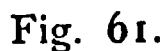
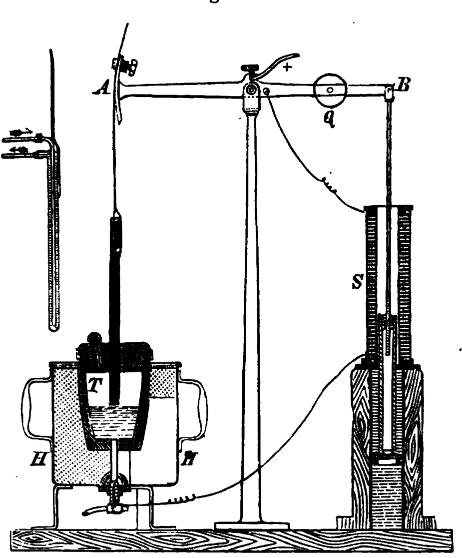


Fig. 61.



auf einem Dreifuss stehendes, metallisches Gefäss oder Hülle *H*, unter Ausfüllung des Zwischenraumes mit gestossener Holzkohle oder mit einem anderen schlechten Wärmeleiter eingesetzt ist. Durch den Boden des Schmelztiegels ist ein Loch gebohrt, durch welches ein Stab von Eisen, Platin oder von Gaskohle, wie solche zur elektrischen Beleuchtung gebraucht wird, eingeführt ist. Der Deckel des Schmelztiegels ist ebenfalls durch-

bohrt, um die negative Elektrode aufzunehmen, als welche womöglich ein Cylinder von gepresster Kohle von vergleichsweise beträchtlichen Abmessungen gewählt wird. An dem einen Ende *A* eines in der Mitte unterstützten Balkens *A B* ist die negative Elektrode durch einen aus Kupfer oder aus einem anderen guten Leiter der Elektricität hergestellten Streifen aufgehängt, während am anderen Ende *B* des Balkens ein hohler Cylinder von weichem Eisen befestigt ist, welcher sich vertical in einer Drahtspule *S* frei bewegen kann, die einen Gesammtwiderstand von etwa 50 Ohm'schen Einheiten darbietet. Durch ein Laufgewicht *G* kann das Uebergewicht des nach der Drahtspule hin liegenden Balkenarmes so verändert werden, dass es die magnetische Kraft, mit welcher der hohle Eisencylinder in die Solenoidrolle *S* hineingezogen wird, ausgleicht.

Ein Ende der Drahtspule ist mit dem positiven, das andere Ende mit dem negativen Pole des elektrischen Bogens verbunden. Da die Rolle von hohem Widerstande ist, so ist die Kraft, mit der sie auf den Eisencylinder anziehend wirkt, der elektromotorischen Kraft zwischen beiden Elektroden, oder dem Widerstande des elektrischen Bogens selbst proportional.

Der Widerstand des Bogens wird dadurch nach Belieben bestimmt und innerhalb der Grenzen, welche die Kraftquelle zulässt, festgestellt, indem man das Gewicht auf dem Balken verschiebt. Vergrössert sich aus irgend welcher Ursache der Widerstand des Bogens, so gewinnt der durch die Drahtspule gehende Strom an Kraft, die magnetische Anziehung überwindet das entgegen wirkende Gewicht und verursacht dadurch,

dass die negative Elektrode tiefer in den Schmelztiegel eintaucht, während, wenn der Widerstand unter die gewünschte Grenze sinkt, das Gewicht den Eisencylinder in die Spule zurücktreibt, wodurch sich die Länge des Bogens so lange vergrössert, bis das Gleichgewicht zwischen den wirkenden Kräften wieder hergestellt ist.

Ausser der automatischen Regulirung des Lichtbogens ist es für das Gelingen der Schmelzung von Wichtigkeit, das zu schmelzende Material zum positiven Pole zu machen, da bekanntlich an diesem die weitaus grösste Wärmemenge erzeugt wird.

In einem solchen elektrischen Schmelztiegel brachte William Siemens 1 Pfund zerbrochener Feilen in 13 Minuten zum Schmelzen. Der Tiegel hatte hierbei eine Tiefe von 20 Cm. und der dazu angewandte Strom konnte in einer Regulatorlampe ein Licht von 6000 Normalkerzen erzeugen.

Bei Anwendung eines Kohlencylinders als negativen Pol kann aber durch Loslösung von Kohlentheilchen auch eine chemische Veränderung des zu schmelzenden Materiales bewirkt werden; will man diese vermeiden, so muss für die negative Elektrode ein Stoff gewählt werden, welcher keine Substanz an den Bogen abgiebt. Siemens verwendet dazu einen sogenannten Wasserpol, das heisst, ein Rohr aus Kupfer, durch welches zur Abkühlung ein Wasserstrom fliesst. (In der Figur getrennt gezeichnet.)

Bezüglich der Kosten der elektrischen Schmelzung hat Siemens berechnet, dass beim Gebrauche einer dynamoelektrischen Maschine, welche durch eine Dampfmaschine getrieben wird, theoretisch betrachtet, ein

Pfund Kohle nahezu ein Pfund Gussstahl schmelze kann. Um eine Tonne Stahl in Schmelztiegeln in dem in Sheffield benutzten gewöhnlichen Gebläseofen zu schmelzen, werden 2 $^1/_2$ bis 3 Tonnen besten Durham-Coaks gebraucht. Dieselbe Wirkung wird mit einer Tonne Kohle erzeugt, wenn die Schmelztiegel im Regenerativ-Gasofen erhitzt werden, während, um grosse Mengen Gussstahles im offenen Herde desselben Ofens zu erzeugen, 12 Centner Kohle zur Gewinnung einer Tonne Stahl genügen.

Zu Gunsten dieses Verfahrens sprechen ferner noch folgende Umstände: 1. Dass der erreichbare Hitzegrad theoretisch unbegrenzt ist. 2. Dass die Schmelzung in einer vollkommen neutralen Atmosphäre vor sich geht. 3. Dass das Verfahren im Laboratorium ohne viel Vorbereitung und unter dem Auge des Beobachters vorgenommen werden kann. 4. Dass bei Benützung der gewöhnlichen, schwer schmelzbaren Materialien die praktisch erreichbare Grenze der Hitze sehr hoch liegt, da im elektrischen Schmelzofen das schmelzende Material eine höhere Temperatur als der Schmelztiegel selbst hat, während im gewöhnlichen Verfahren die Temperatur des Schmelztiegels diejenige des darin geschmolzenen Materiales übersteigt.

Wenn demnach der beschriebene elektrische Schmelzofen auch die bisher üblichen Schmelzöfen kaum verdrängen dürfte, so werden die eben angegebenen Vortheile ihn doch zu einem zweckmässigen Hilfsmittel zur Ausführung chemischer Reactionen verschiedenster Art bei Temperaturen und unter Umständen, die bisher nicht erreichbar waren, machen.

10. Die Kosten der elektrischen Beleuchtung.

Obwohl über die Kosten der elektrischen Beleuchtung schon eine ansehnliche Menge von mehr oder minder ausführlichen Berichten vorliegt, lässt sich über diese doch noch kaum etwas allgemein Giltiges sagen. Die Gründe liegen nicht nur in der Neuheit der Sache, sondern sind mannigfache. So sind bisher, mit einziger Ausnahme der Centralstation in New-York, nur einzelne grössere oder kleinere Installationen im Betriebe, während die Gasbeleuchtung, mit welcher die elektrische Beleuchtung ja doch verglichen werden soll, in der Regel von einer grossen Fabrik aus ganze Städte oder Stadttheile mit Gas versieht. Es liegt auf der Hand, dass bei so verschiedenen Erzeugungsbedingungen die Vergleichung der Kosten beider Beleuchtungsarten keine allgemein verwerthbaren Resultate ergeben kann.

Das elektrische Licht selbst fordert beinahe bei jeder Installation einen anderen Kostenaufwand; nicht alle Lichtmaschinen besitzen dasselbe Güteverhältniss, der verschiedenartigen Motoren, die zum Betriebe der ersteren angewandt werden, gar nicht zu gedenken. Und erst die Lampen! Edison erreicht z. B. bei Aufwendung einer Pferdekraft eine Lichtstärke von 128—160 Normalkerzen (durch 8—10 Glühlichtlampen à 16 N.-K.), Gülcher von 813 Normalkerzen.

Der Werth der bis jetzt vorliegenden und überhaupt möglichen Vergleichungen der Kosten beider Beleuchtungsarten kann deshalb kein absoluter, sondern nur ein relativer sein, d. h. das für eine oder mehrere Installationen erhaltene Resultat kann nicht unmittelbar

auf jede beliebige Installation übertragen werden, sondern ist nur dazu geeignet, für ähnliche Verhältnisse Anhaltspunkte zu geben.

Mit diesen Bemerkungen soll jedoch derartigen Kostenberechnungen, beziehungsweise Vergleichungen der Kosten von Gas- und elektrischer Beleuchtung, keineswegs jeder Werth abgesprochen werden; im Gegentheile, je mehr derartige Zusammenstellungen zur Verfügung stehen, desto rascher werden sich die Verhältnisse klären. Allerdings sind aber in erster Linie die Centralstationen dazu bestimmt, da in solchen die Elektricität unter den günstigsten Bedingungen erzeugt wird, und auch erst durch diese die elektrische Beleuchtung auf dieselbe Basis gestellt wird, auf welcher gegenwärtig die Gasbeleuchtung steht.

Wir begnügen uns daher im Nachstehenden mit einigen Beispielen.

Die Perronhalle des schlesischen Bahnhofes in Berlin*)

war vor Einrichtung der elektrischen Beleuchtung mit 140 Gasschnittbrennern zu 12 Normalkerzen Lichtstärke und 180 Liter Verbrauch in der Stunde, sowie mit 44 Schnittbrennern (in Transparenten) zu 3 Normalkerzen Lichtstärke und 80 Liter Verbrauch erhellt. Es kamen demnach auf die Stunde 28·72 Kbm. mit 4·37 Mark Unkosten, wenn sich 1 Kbm. auf 0·152 Mark berechnet.

Diese Gasbrenner sind durch 12 elektrische Lampen, welche in zwei Stromkreisen zu je 6 Lampen eingeschaltet sind, ersetzt worden. Dieselben haben eine

*) Centralblatt der Bauverwaltung 1882, S. 17.

Lichtstärke von 360 Normalkerzen, oder, da $25^0/_0$ für Absorption durch die matte Verglasung in Abzug zu bringen sind, von 270 Normalkerzen. Die Lampen, sowie die ganze Einrichtung, sind von Siemens & Halske geliefert.

In der Zeit vom 13. Juni (Tag der Inbetriebsetzung) bis 2. December 1880, wurde die Halle im Ganzen 873 Stunden lang erleuchtet, und zwar 513 Stunden mit 6, die übrige Zeit mit 12 Flammen.

Die während dieser Zeit entstandenen Kosten betrugen:

1.	für Feuerungsmaterial	M.	623·22
2.	» Schmiermaterial	»	80·67
3.	» Talg und Dichtungsmaterial, sowie Nachnähen der Riemen u. s. w.	»	110·97
4.	» Bedienung	»	517·36
5.	» Beleuchtung des Maschinenraumes	»	154·70
6.	» Dochtkohle	»	723·11
	Summa	M.	2210·03

oder auf die Stunde und Lampe 0·30 M.

Die Gasbeleuchtung für die Halle würde für die gleiche Zeit voraussichtlich $873 . 4·37 = 3815$ M. beansprucht haben. Genaue Aufzeichnungen hierfür liegen nicht vor, da von den Gasmessern des Bahnhofes noch andere Flammen in Nebenräumen gespeist wurden.

Die Firma Siemens & Halske macht zu diesem Berichte in der elektrotechnischen Zeitschrift (Bd. III, S. 81) die Bemerkung, dass bei gleicher Berücksichtigung der Amortisation des Anlagecapitales für Gas- und elektrische Beleuchtung, sowie bei Einstellung eines entsprechenden Betrages für die Bedienung der Gas-

beleuchtung sich das Kostenverhältniss noch erheblich günstiger für die elektrische Beleuchtung stellt, ganz abgesehen davon, dass durch das elektrische Licht eine bedeutend grössere Helligkeit erzielt wurde. Auch soll der Verlust an Leuchtkraft durch die matten Glaskugeln nicht 25, sondern nur 12% betragen.

Die Kosten der elektrischen Beleuchtung auf dem Bahnhofe zu Strassburg.

Aus dem Verwaltungsberichte der Generaldirection der Elsass-Lothringischen Eisenbahnen pro 1881/2 theilt die »Zeitung für das Gas- und Wasserfach« (Nr. 3) folgendes mit:

Die zu Versuchszwecken bereits im Sommer 1880 auf dem sogenannten Innenbahnhofe zu Strassburg eingeführte elektrische Beleuchtung erfuhr im Betriebsjahre eine zweimalige Ausdehnung, um für die in Aussicht genommene allgemeine Einführung der elektrischen Beleuchtung auf dem im Bau begriffenen neuen Bahnhof Strassburg weitere Erfahrungen an die Hand zu geben. Es wurden nämlich am 15. October 1881 zur Beleuchtung der Perrons, der Wartesäle, des Vestibuls, der Eilgut- und Güterschuppen 12 neue Siemens'sche Differentiallampen von je 150 Kerzenstärke in Benützung genommen, und am 5. Januar 1882 eine von der Société électrique Edison gelieferte Anlage für elektrische Beleuchtung mittelst Glühlichtlampen in Betrieb gesetzt. Letztere Anlage besteht aus einer dynamoelektrischen Maschine, System Edison, mit welcher 46 Glühlichtlampen von je 16 Kerzenstärke und 36 Lampen von je 8 Kerzenstärke

in Verbindung stehen. Mittelst dieser Lampen werden das Restaurationslocal I. und II. Classe, die Halle für Gepäckannahme, das Telegraphenbureau, die Zifferblätter der Stationsuhren, der Maschinenraum und 16 Bureauzimmer der Generaldirection beleuchtet.

Da die Beleuchtung in den letztgenannten Räumen nur für die Abendstunden erforderlich ist, so wurde die Einrichtung getroffen, dass das während der Nachtzeit dort entbehrlich werdende Licht nach einer in der Perronhalle angebrachten Serie von 26 Glühlichtlampen umgeschaltet werden kann, während gleichzeitig das bis zu dieser Zeit zur Beleuchtung der Perronhalle und des Bahnhofsvorplatzes benützte Licht — 6 Differential-Lampen von je 350 Kerzenstärke — durch Umschaltung nach zwei Siemens'schen Differential-Lampen verlegt wird, welche mit je 1200 Kerzenstärke zur Beleuchtung des zwischen der Perronhalle und dem Walltunnel gelegenen Bahnhoftheiles dienen.

Zur Zeit sind demnach auf Bahnhof Strassburg für die elektrische Beleuchtung in Anwendung: a) für Bogenlicht: 2 Siemens'sche Differential-Lampen von je 1200 Kerzenstärke, 6 dergl. von je 350 Kerzenstärke, 22 dergl. von je 150 Kerzenstärke; b) für Glühlicht: 71 Edison'sche Glühlicht-Lampen von je 16 Kerzenstärke, 36 dergl. von je 8 Kerzenstärke.

Die für die Beleuchtung ad a) benützten Ströme werden durch zwei Siemens'sche Wechselstrom-Maschinen mit dynamoelektrischem Erreger erzeugt, während für die Glühlichtbeleuchtung eine Edison-sche dynamoelektrische Maschine für gleichgerichtete Ströme dient. Als gemeinschaftlicher Motor für die

drei Lichtmaschinen wird eine Locomobile von 24 Pferdekraft verwendet.

Die Herstellung der Anlagen für die elektrische Beleuchtung hat einen Kostenaufwand von 36.969·27 M. erfordert. Hiervon entfallen auf die Anlage zur Beleuchtung mittelst Glühlicht 11.223 M. Die Unterhaltungskosten betragen für das Bogenlicht während des ganzen Betriebsjahres 9216·66 M., dagegen für das Glühlicht in der Zeit vom 5. Januar (dem Tage der Inbetriebsetzung) bis zum 31 März 1882 1050·25 M. Auf die letztbezeichnete Zeit entfallen von den Unterhaltungskosten für das Bogenlicht 2698·60 M. Legt man diese Zahlen, welche sich auf denjenigen Zeitraum beziehen, wo eine vollständige Ausnützung des Motors stattfand, einer Berechnung der Kosten der Beleuchtung pro Lampe und Brennstunde zu Grunde, so ergeben sich bei Berücksichtigung der Verzinsung und Amortisation des Anlagecapitales folgende Werthe:

Kosten pro Brennstunde.							Pf.
a)	einer	Differential-	Lampe	von 1200	Kerzenst.	gleich	55·85
b)	»	»	»	» 350	»	»	25·11
c)	»	»	»	» 150	»	»	14·68
d)	»	Glühlicht-	»	» 16	»	»	2·37
e)	»	»	»	» 8	»	»	1·19

Wenngleich die beabsichtigten Versuche noch nicht zum Abschlusse gekommen sind, so können doch jetzt schon die seitherigen Resultate insoferne als durchaus befriedigend bezeichnet werden, als einerseits nennenswerthe Störungen in der Beleuchtung nicht vorgekommen sind und daher Befürchtungen in dieser Hinsicht für die Zukunft ausgeschlossen sein dürften,

andererseits aber auch die Zweckmässigkeit der Anwendung von Lampen verschiedener Systeme, theils im Vergleich mit einander, theils im Vergleich mit anderen Beleuchtungsarten unter specieller Berücksichtigung der localen Verhältnisse erprobt worden ist. So viel scheinen die vorliegenden Resultate jedenfalls zu ergeben, dass die elektrische Beleuchtung im Allgemeinen bezüglich der Kostenfrage mit der Gasbeleuchtung in wirksame Concurrenz treten kann, und dass speciell die Glühlichtbeleuchtung wegen ihrer absoluten Gefahrlosigkeit, wegen der geringen Wärmeentwicklung der Lampen, wegen der Ruhe, Gleichförmigkeit und angenehmen Färbung des Lichtes, sowie wegen der bequemen Unterhaltung der Beleuchtungseinrichtungen für geschlossene Räume, Wartesäle und Bureaux, den Vorzug vor jeder anderen Beleuchtungsart verdient.

Es ist in Aussicht genommen, die Versuche mit elektrischer Beleuchtung fortzusetzen und zu diesem Zwecke zunächst die Glühlichtbeleuchtung im Bahnhofsgebäude zu Strassburg noch weiter auszudehnen.

Ueber die

Beleuchtung im South Kensington-Museum

hat dessen Unterdirector Festing einen Bericht veröffentlicht, dem nachstehende Angaben entnommen sind:*)

Der gesammte Gasverbrauch des Museums betrug 26,590.200 Kubikfuss und verursachte einen Kostenaufwand von 4431 Pfd. Sterl. 14 sh. Der Verbrauch

*) Engineering, 1882 S. 331; im Auszuge auch in der Elektrotechnischen Zeitschrift, Jahrg. III, S. 81.

stellte sich gegen das vorhergehende Jahr um 2,230.100 Kubikfuss niedriger, und es wurden 612 Pfd. Sterl. 7 sh. weniger verausgabt. Diese Abnahme rührt einerseits daher, dass das Wetter heller als im vorhergegangenen Jahre war, andererseits daher, dass seit Juni der ganze Lord Präsidents-Hof elektrisch beleuchtet wurde. Auch war seit 1. Januar der Preis des Gases von 3 sh. 6 p. auf 3 sh. 4 p. ermässigt worden.

Man wählte zur elektrischen Beleuchtung das System Brush und stellte eine dynamoelektrische Maschine mit 8 Lampen dieses Systems für die östliche Hälfte des Hofes auf; die dynamoelektrische Maschine erhielt ihre Bewegung durch einen Gasmotor. Später wurde auch die andere Hälfte des Hofes elektrisch beleuchtet, und da für die nun erforderlichen 16 Lampen die Kraft des Gasmotors nicht mehr ausreichte, wurde eine halbtransportable Dampfmaschine von Ransome, Sims & Head in Ipswich unter einem interimistischen Schuppen aufgestellt. Seit Ende Juni ist der ganze Hof ununterbrochen beleuchtet.

Das Licht ist im Ganzen befriedigend, obgleich es nicht die wünschenswerthe Stetigkeit besitzt.

Vom 22. Juni bis 31. December waren diese 16 Lampen in 87 Abenden im Ganzen 359 Stunden im Betriebe.

Der gesammte Kohlenverbrauch, einschliesslich der zum Anheizen verwendeten, betrug 13 Tons oder 81 Pfund für die Arbeitsstunde. Die Dampfmaschine indicirte zwischen 20 und 21 Pferdekräften, ist jedoch im Stande das Doppelte zu leisten, würde also noch eine zweite Lichtmaschine betreiben können, wobei

sich unzweifelhaft ein verhältnissmässig geringerer Kohlenverbrauch ergeben würde.

Die selbstthätige Expansionsvorrichtung, welche von Ransome, Sims & Head an der Maschine angebracht ist, und das Tachimeter weist eine vollkommen gleichmässige Geschwindigkeit der Maschine aus.

Der einzige wirkliche Mehrbetrag an Löhnen für die elektrische Beleuchtung ist der Lohn des Heizers, welcher 25 sh. für die Woche beträgt.

Die Betriebskosten während der angegebenen Zeit von 359 Stunden betrugen:

	Pf. St.	sh.	p.
An Kohlen für Lampen	18	9	—
Oel, Putzwolle, Verschiedenes . . .	4	11	6
Kohlen	11	14	—
	34	14	6
Löhne	34	7	6
Summa . .	69	2	—

d. i. also 3 sh. 10 p. auf 1 Stunde Beleuchtung.

Der Verbrauch an Gas würde für dieselbe Periode einen Kostenaufwand von 286 Pf. St. 4 sh. verursacht haben, so dass sich die Ersparniss an Betriebskosten auf 218 Pf. St. 2 sh. beläuft, was ungefähr 420 Pf. St. auf das ganze Jahr ausmacht.

Die Anschaffungskosten betrugen:

Für die dynamoelektrische Maschine .	400 Pf. St.
» » Lampen, deren Befestigung, die Leitungsdrähte u. s. w.	384 »
» » Dampfmaschine, einschliesslich Aufstellung, Wellenleitung, Riemen u. s. w.	420 »
Summa . .	1204 Pf. St.

Mit Rücksicht darauf, dass die Dampfmaschine im Stande sein würde, zwei Lichtmaschinen zu betreiben, also eine schwächere Maschine für die jetzige Beleuchtung des Hofes genügen würde, können die Kosten der Maschinenanlage mit insgesammt 1000 Pf. St. in Rechnung gestellt werden. Mit Berücksichtigung von 10% Verzinsung dieses Capitales ergeben sich etwa 42% Ersparniss im Jahre gegen Gasbeleuchtung.

Seit Mai 1882 ist eine zweite 16 Lichter-Maschine in Gebrauch, und die Raphael- und Sheapshanks-Gallerie sind jetzt ebenfalls elektrisch beleuchtet. Im Präsidentenhofe hat aber eine kleine Veränderung in der Aufhängung der Lampen stattgefunden; in den Gallerien zeigte es sich zweckmässig, dieselben etwas höher zu hängen und die Zahl um zwei neue Lampen an jeder Seite zu vermehren. Hiernach enthält der Präsidentenhof 20 Lampen, die Sheapshanks- und Raphael-Gallerie je 6, so dass im Ganzen 32 Lampen in Thätigkeit sind. Diese, beziehungsweise die beiden Lichtmaschinen, erfordern eine Betriebskraft von 38 Pferden mit einem stündlichen Kohlenverbrauche von etwa 51 Kgr., während die ursprünglich in Betrieb gewesenen 16 Lampen 37 Kgr. Kohle erforderten. Bis zum Ende des Jahres haben diese 32 Lampen etwa 6 Monate mit 346 Brennstunden gearbeitet, wofür sich die Betriebskosten, wie folgt, stellten:

	in der Stunde Mark	für 1 Lampe und 1 Stunde Mark
Kohlen für die Lampen	2·00	0·063
Kohlen für Kesselheizung . . .	0·90	0·028
Oel	0·46	0·014
Löhne	2·50	0·078
Summa	5·86	0·183

Der Gasverbrauch würde in demselben Zeitraume 243·5 Kbmtr. in der Stunde, im Preise von 27·23 Mark, betragen haben, so dass sich eine Ersparniss von 21·37 Mark in der Stunde, d. i. nahe 15·000 im Jahre, oder 462 Mark für eine Lampe im Jahre ergiebt.

Zur Vergleichung der Kosten dieser Anlage mit Dampfmotor und zwei Lichtmaschinen mit einer solchen, bei welcher nur eine Lichtmaschine in Verwendung kommt, und an Stelle der Dampfmaschine ein Gasmotor aufgestellt ist, bringt die Elektrotechnische Zeitschrift (Bd. III, S. 432) folgende Kostenberechnung. Die diesbezügliche in Jermyn-Street befindliche Anlage besteht aus 14 Lampen, betrieben mit Hilfe eines 12pferdigen Gasmotors. Die Lampen sind im Jahre etwa 400 Stunden in Thätigkeit gewesen. Nach diesen einjährigen Erfahrungen betragen die Kosten für:

Lampenkohlen	0.875	Mark
Gas für den Motor . . .	1.334	»
Oel u. s. w.	0.334	»
Löhne	1.500	»
Summa	4.043	Mark

in der Stunde, oder für eine Lampe rund 0·29 Mark. Die Kosten der Anlage, der Betriebskraft, der Maschinen und Lampen, mit etwas reicherer Ausstattung als sonst gebräuchlich, betragen etwa 1400 Mark auf jede Lampe, so dass die durch das elektrische Licht erzielte Ersparniss etwa 33% dieses Capitals beträgt.

Kosten der elektrischen Beleuchtung mit Swan-Lampen.

Ueber eine wirklich ausgeführte und seit einiger Zeit im Betriebe befindliche, elektrische Beleuchtungsanlage mit 160 Glühlichtlampen zu je 10—12 Normalkerzen, System Swan, mit Lichtmaschinen, System Siemens, veröffentlicht das Journal für Gasbeleuchtung und Wasserversorgung (1882, S. 673) folgende Rechnungsaufstellung: *)

1. Anlagekosten:

2 Satz Lichtmaschinen zu 2280 Mark . .	4560	Mark
160 Glühlichtlampen, System Swan, zu 7 Mark	1120	»
40 » in Reserve » » »	280	»
160 Lampenzubehör zu 1·20 Mark . . .	192	»
16 Widerstandsapparate zu 33·50 Mark .	536	»
12 Umschalter zu 12·50 Mark	150	»
Für 160 Lampen Drahtleitungen zu 12 Mark	1920	»
Transport und Montirung	350	»
Bauliche Vorkehrungen, Fundamente der Maschinen	262	»
Transmissionstheile, Vorgelege mit Ausrückungen; etwa 800 Kgr.; für 100 Kgr. 65 Mark	520	»
Riemen, 1 Qu.-Mtr. zu 66 Mark	610	»
	10·500	Mark.

Wenn das Licht im Juni und Juli 3 Stunden, im Mai und August 4, im April und September 5, im März und October 6, im Februar und November 7 und im Januar und December 8 Stunden brennt, so ergiebt dies im Ganzen 2005 Brennstunden. Soll in

*) Elektrotechn. Zeitschr. III. S. 431.

diesen rund 2000 Brennstunden durchschnittlich nur die Hälfte der Lampen brennen, so kommen nur — 80.2000 = 160.000 Lampenbrennstunden in Rechnung.

2. Betriebskosten.

Die Betriebskosten setzen sich zusammen aus der Verzinsung des Anlagecapitales zu $5^0/_0$, dann der Kosten für die Abnützung der Lichtmaschinen, welche, wie eine mehr als zweijährige Erfahrung beweist, ausser einer sehr geringen an Commutator und Lagern, sozusagen gar keinen Verschleiss zeigen, dann für die Transmissionstheile und Riemen, während die Leitungen nicht abgenützt werden. Dagegen soll angenommen sein, dass die Lampen alle 500—600 Brennstunden erneuert werden müssen, weshalb die vollen Kosten dafür getrennt mit 5·50 Mark für das Stück eingestellt werden. Es dürfte also gegenüber der allgemeinen Annahme einer Amortisationsquote von $5^0/_0$ eine solche von durchschnittlich $7^1/_2{}^0/_0$ eher zu hoch als zu niedrig gegriffen sein. Darnach erhält man:

$5^0/_0$ Zinsen von 10·500 Mark	525 Mark
Amortisation; $7^1/_2{}^0/_0$ von 10·500—1120 = 9380 Mark	700 »
160 Lampen zweimal im Jahre erneuert zu 5·50 Mark	1760 »
Schmiere; auf die Woche 3 Kgr.; 3·52 bis 156 Kgr. zu 63 Mark	100 »
Putzwolle und dergleichen	25 »
Ausbesserungen	50 »
	3160 Mark.

Die Wartung wird stets vom Maschinisten nebenbei besorgt. Somit stellen sich die Betriebskosten für Lampe und Stunde auf $\frac{3160.100}{160{\cdot}000} = 1{\cdot}97$ Pfennige.

3. Kosten für die Betriebskraft.

Soll für die elektrische Beleuchtung ein eigener Motor aufgestellt werden, so wird man hierzu den in Anlage und Betrieb billigsten wählen, und dies ist hier eine stationäre Locomobile von 16 Pferdekräften, mit Röhrenkessel, Cylinder im Dampfdom und Blechkamin, welche 8000 Mark kostet und in der Stunde 2·5 Kgr. Saarkohlen verbraucht. Sicherheitshalber sollen 3 Kgr. angenommen werden. Somit erhält man:

a. Die Anlagekosten für die Betriebskraft:

Locomobile mit Blechkamin	8000 Mark
Fundirung (gewöhnlich nicht nöthig) . . .	200 »
Maschinenhaus für Locomobile u. Maschinen	2500 »
Hilfswasserpumpe	300 »
Transport u. Montirung; 5% von 11·000 Mark	550 »
	11.550 Mark.

b. Betriebskosten für die Kraft:

Zinsen und Amortisation 10% von 11.550 Mark	1115 Mark
Maschinist mit Ueberstunden	1300 »
Reparaturen	300 »
Schmiere, Putzwolle, Verpackungsmaterial	200 »
Kohlen, durchschnittlich 6 Std. im Tag .	2628 »
	5583 Mark.

Daher belaufen sich die Betriebskosten für Lampe und Stunde auf

$$\frac{5583 \cdot 100}{160 \cdot 000} = 3 \cdot 49 \text{ Pfennige.}$$

Die Kosten der ganzen Anlage sammt Gebäude sind 10·500 + 11·550 = 22·050 Mark.

Die Betriebskosten einer elektrischen Glühlichtlampe von 10 Normalkerzen Lichtstärke betragen darnach im Ganzen 1·97 + 3·49 = 5·46 Pfennige.

Wenn eine Gasflamme von 10 Normalkerzen Lichtstärke 125 Liter Gas verbraucht, so dürfte bei gleichen Kosten des Gaslichtes 1 Kbm. Gas

$$\frac{5 \cdot 46 \;.\; 1000}{125} = 43 \cdot 6 \text{ Pf. kosten.}$$

4. Betrieb mit grösserer, billigerer Betriebskraft, welche im Ueberschusse zu haben ist.

Ist es, wie zum Beispiel bei Fabriksbeleuchtungen, möglich, die Betriebskraft von einem grösseren Motor — 100pferdige Wasserkraft mit Reserve-Dampfmaschine — zu nehmen, der dieselbe im Ueberschusse hat, und können die elektrischen Maschinen im Motorraume untergebracht werden, so dass also ebenfalls keine Extrabedienung nöthig ist, so können nach den zuverlässigen Deker'schen Rechnungen 7 Pf. für 1 Pferdekraft und Stunde in Ansatz gebracht werden; die Kosten für Amortisation des Locales und für den Maschinisten kämen in Wegfall. Die Betriebskosten wären dann nur:

Zinsen und Amortisation von 200 M. für Fundamente	20 M.
Kosten für 1000 Brennstunden, 16 Pferdekraft zu 7 Pf.	1160 »
	1140 M.

Die Betriebskraft für Lampe und Stunde kostet dann

$$\frac{1140 \,.\, 100}{160.000} = 0{\cdot}71 \text{ Pf.}$$

und die Gesammt-Betriebskosten für Lampe und Stunde sinken auf $1{\cdot}91 + 0{\cdot}71 = 2{\cdot}68$ Pf. herab.

Dem entspricht der Gaspreis, bei gleichen Kosten Gaslichtes, von

$$\frac{2{\cdot}68 \,.\, 1000}{125.000} = 21{\cdot}4 \text{ Pf.}$$

Die Kosten des elektrischen Lichtes zu Norwich.

Die nach verschiedenen günstig ausgefallenen Versuchen schliesslich ausgeführte Anlage besteht:*)

1. aus zwei Stromkreisen, jeder mit 3 grossen Crompton-Lichtern von je 4000 Kerzen, welche den Heumarkt, den Marktplatz, den Bank- und den Postplatz, sämmtlich weite offene Räume, beleuchten;

2. aus zwei Stromkreisen mit zusammen 12 Weston-Lampen, für London-street und Prince of Wales-road bis zur Eisenbahnstation; ausserdem befinden sich 2 Crompton'sche Bogenlichter in St. Andrews Hall und 50 Maxim-Glühlampen in der öffentlichen Bibliothek.

Die Maschinenstation liegt zu Elno Hill in einem der Stadt gehörenden Hofe hinter Andrews Hall. Die zweicylindrige, halbtransportable Dampfmaschine hat 20 Pferde nominell, sie betreibt 2 Wellen, an welche 6 dynamoelektrische Maschinen nach Crompton-Bürgins System angehängt sind; 4 derselben speisen die 15 Bogenlichter, die im stetigen Gebrauche sind; eine

*) Elektrotechnische Zeitschrift, III, S. 277.

Tabelle I. Bedarf an Betriebskraft in *HP.*

Belastung der Dampfmaschine	Leitung nach dem Diagramm berechnet	Von der Maschine verbrauchte Kraft	Von der Transmission verbrauchte Kraft	Durch 7 Westonlamp. verbrauchte Kraft, Bürsten offen	Desgleichen, Bürsten niedergelassen	Durch 3 auf dem Marktplatze stehende Cromptonlichter verbr. Kraft	Durch 2 grosse Cromptonlichter bei der Bank u. Post verbrcht. Kraft	Durch 3 Westonlichter in Londonstreet verbraucht	Betriebskraft für die Reservemaschine
Unbelastet	10·34	10·34	—	—	—	—	—	—	—
Nur durch die Transmission	11·54	10·34	1·20	—	—	—	—	—	—
7 Weston-Bogenlampen der Prince of Walesroad; Bürsten oben . . .	19·62	10·34	1·20	8·08	—	—	—	—	—
Desgleichen, Bürsten heruntergelassen	20·58	10·34	1·20	—	9·04	—	—	—	—
7 Weston-Bogenlampen der Prince of Walesroad; Bürsten oben, und 3 Crompton-Bogenlampen auf dem Markte	25·64	10·34	1·20	8·08	—	6·02	—	—	—
7 Weston-Bogenlampen in Prince of Walesroad, 3 Weston-Bogenlampen Londonstreet, 3 Crompton-Bogenlampen auf dem Markte, 2 desgl. Post und Bank . . . . Im Ganzen 15 Lichter und 1 Reservemaschine	38·8	10·34	1·20	8·08	6·02	6·02	6·81	4·85	1·5

Tabelle II. Die Betriebskosten.

Art der Lampen	Wirklicher Kraftbedarf in Pferdekraft	Wirklicher Kraftbedarf, einschliesslich Maschine und Transmission, in Pferdekraft	Kilogramm Kohle für eine inducirte Pferdekraft und Stunde	Wasserverbrauch für 1 inducirte Pferdekraft und Stunde in Kilogramm	Preis der Kohlen in der Stunde bei 14·5 Mark per Tonne	Kosten für Wasser in der Stunde bei 1·5 Mark per 1000 Gallon	Kosten an Oel etc., allen Materialien für Reparatur, einschliesslich Glasglocken, für 1 Stunde	Kosten für Kohlenstäbe, einschliesslich Verluste, für 1 Stunde	Arbeit und Oberleitung, einschliesslich Reparaturkosten, für 1 Stunde	Gesammtkosten für 1 Stunde
					Pf.	Pf.	Pf.	Pf.	Pf.	Pf.
1 Crompton Bogenlicht . .	2·56	3·86	—	—	10.50	1·53	2·00	5·42	8·08	27·50
1 Weston-Bogenlicht . . .	1·29	1·94	—	—	5·37	0·77	1·08	4·31	8·08	19·58
Summa . .	25·6	38·8	1·94	12·22	107·33	15·50	20·83	70·17	120·83	334·67

Maschine bedient die Glühlichtlampen in der Bibliothek, die sechste dient als Aushilfe.

Die Tabelle I giebt die von den verschiedenen Stromkreisen gebrauchte Kraft; diese Zahlen sind aus einer langen Reihe von sorgfältig angestellten Indicator-Versuchen mit genauer Beobachtung des Kohlen- und Wasserverbrauches zusammengestellt.

Wie aus der Tabelle ersichtlich, ist der durch die Reibung der Dampfmaschine und Transmission verbrauchte Kraftbetrag sehr bedeutend, auch ist die Maschine bezüglich des Brennmaterialverbrauches nicht sehr ökonomisch; der Kessel verdampfte mit 1 Kgr. guter Derbyshirekohle 7·7 Kgr. Wasser.

Die hierbei angewandten Dynamomaschinen lassen durch Drehung der Bürsten um einen gewissen Winkel eine Veränderung der Stromstärke in ziemlich weiten Grenzen zu, so dass das erzeugte Licht (daher auch die Betriebskraft) um etwa 20% gegen die Normalstärke gesteigert werden kann. Es ist dies bei nebligem Wetter von Wichtigkeit; die Veränderung kann sofort für irgend einen Stromkreis ohne Störung eines anderen erfolgen.

Die in Tabelle II zusammengestellten Betriebskosten beziehen sich auf Normalstellung der Bürsten, also auf den geringeren Lichtbetrag. Darnach betragen die Gesammt-Betriebskosten für jedes Crompton'sche Bogenlicht von 4000 Kerzen 27·5 Pf. für 1 Arbeitsstunde, für jedes Weston-Bogenlicht von 1000 Kerzen aber 19·58 Pf.; für alle 15 Lichter zusammen 334·67 Pf. Entsprechend den an anderen Orten, wie z. B. King's Cross, gemachten Erfahrungen, wo vortheilhafter arbei-

tende Dampfmaschinen im Betriebe sind, hofft Crompton den Kohlenverbrauch auf 4·25 Pf. für die Crompton- und auf 2·17 Pf. für die Weston-Bogenlichter reduciren zu können, und würde dann jedes Licht auf 15·42 Pf., beziehungsweise 11·25 Pf., pro Stunde zu stehen kommen.

Die Leitungsdrähte bestehen durchwegs aus Kupfer und haben Nr. 8 der Birmingham Drahtlehre (4·2 Mm.); sie sind oberirdisch geführt, durch starke Pfosten getragen und in gewöhnlicher Weise isolirt. In London-street jedoch werden die Drähte durch gusseiserne, verzierte, gegen die Gebäudemauern gebolzte Consolen getragen, die an einigen Stellen gleichzeitig eine Lampe aufnehmen.

Die Bogenlampen sind überall paarweise angeordnet, so dass, wenn irgend eine Lampe ungenügend brennt, oder wenn die Kohlenstäbe derselben verbraucht sind, sofort die andere automatisch in den Stromkreis eingeschaltet und somit jede Unterbrechung der Beleuchtung vermieden wird.

Schliesslich möge noch in nachstehender Tabelle das Verhältniss der Kosten des elektrischen Lichtes im Verhältnisse zu anderen Beleuchtungsarten angegeben werden.

Bei gleicher Lichtstärke ist das elektrische Licht im ungünstigsten Falle

75mal billiger als eine Beleuchtung mit Wachskerzen,
55 » » » » » » Stearinkerzen,
16 » » » » » » Oel,
11 » » » » » » Leuchtgas z. Preise von Frcs. 0·30,

6.5mal billiger als eine Beleuchtung mit Leuchtgas z. Preise von Frcs. 0·15.

Im günstigsten Falle ist aber das elektrische Licht
300mal billiger als eine Beleuchtung mit Wachskerzen,
220 » » » » » » Stearinkerzen,
63 » » » » » » Oel,
40 » » » » » » Leuchtgas à Frcs. 0·30,
20 » » » » » » Leuchtgas à Frcs. 0·15.

Obige Zahlen sind von H. Fontaine aufgestellt und beziehen sich auf die Erzeugung des elektrischen Lichtes mittelst Gramme'scher Maschinen.

Anhang.

Die für elektrische Beleuchtungsanlagen aufzuwendende Betriebskraft. *)

Eine von Industriellen häufig gestellte Frage ist die, welche Betriebskraft für eine projectirte Beleuchtungsanlage erforderlich sei. Bekanntlich werden eben bei industriellen Anlagen bis jetzt die zahlreichsten Anwendungen des elektrischen Lichtes gemacht und die Gründe hierfür sind in der That leicht einzusehen. Einestheils sind die mächtigen Lichtquellen, welche der elektrische Strom schafft, vorzugsweise geeignet, weit ausgedehnte Räumlichkeiten, wie solche in industriellen Etablissements häufig vorkommen, zu beleuchten, andern-

*) Nach einem Artikel von Aug. Guerout in »La lumière électrique« VIII. 118.

theils verfügt man in derartigen Fabriken oder Werkstätten nicht selten über überschüssige Betriebskraft, welche zur elektrischen Beleuchtung vortheilhaft benützt werden kann. Diese überschüssige Kraft bleibt gegenwärtig häufig unbenützt, weil man sich nicht darüber Rechenschaft zu geben im Stande ist, ob einerseits diese Kraft überhaupt verwerthet werden kann, andererseits weil der Fabrikant in der Regel nicht weiss, welche Betriebskraft zum Betriebe einer bestimmten Anzahl von Lampen erforderlich ist, oder wie viele Lampen er mit der zu Gebote stehenden Kraft betreiben kann.

Hat man eine Lichtmaschine von einer bestimmten Construction, welche dazu bestimmt ist Lampen von ebenfalls gegebener Construction in Thätigkeit zu setzen, so kann man die Rechnung für die erforderliche Betriebskraft leicht mit hinlänglicher Genauigkeit aufstellen. Die bereits veröffentlichten Tabellen über eine grosse Anzahl von Lampen geben für eine bestimmte Lichtintensität der einzelnen Lampe die Zahlen der verbrauchten Kgr.-Mtr. und die erforderliche Stromintensität in ausreichender Weise an. Kennt man auch noch den inneren Widerstand der Maschine und die Dimensionen der Kabel und Leitungsdrähte der betreffenden Installation, so hat man alle Momente gegeben, um die elektrische Arbeit im ganzen Stromkreise zu berechnen. Indem man die hierdurch erhaltene Zahl mit dem gesammten mechanischen Nutzeffect multiplicirt (in der Mehrzahl der Fälle mit 0·90), bekommt man die in der Maschine verbrauchte Kraft.

Die Rechnung wird, was die Kabel und Leitungsdrähte betrifft, sehr erleichtert durch die Tabellen,

Tabelle I. Stromstärke von 5—40 Ampères.

Durchmesser des Leiters in Cm.	*HP.* abs. per Kilom.	Erhöhung der Temperatur Grade C.	*HP.* abs. per Kilom.	Erhöhung der Temperatur Grade C.	*HP.* abs. per Kilom.	Erhöhung der Temperatur Grade C.	*HP.* abs. per Kilom.	Erhöhung der Temperatur Grade C.	*HP.* abs. per Kilom.	Erhöhung der Temperatur Grade C.
	5 Amp.		10 Amp.		20 Amp.		30 Amp.		40 Amp.	
0·1	0·72	21	2·9	82	—	—	—	—	—	—
0·15	0·32	6	1·1	24	—	—	—	—	—	—
0·2	0·18	3	0·76	10	2·9	41	6·9	92	—	—
0·25	0·11	1	0·46	5	1·8	21	4·4	47	—	—
0·3	0·08	0·8	0·32	3	1·2	12	3·1	27	5·1	49
0·35	0·06	0·5	0·23	2	0·92	7	2·2	17	3·7	28
0·4	0·05	0·3	0·18	1	0·72	5	1·7	11	2·9	21
0·5	—	—	0·11	0·7	0·45	3	1·1	5	1·8	11
0·6	—	—	0·08	0·4	0·32	2	0·77	3	1·3	6
0·7	—	—	0·06	0·2	0·28	1	0·56	2	0·94	4
0·8	—	—	0·05	0·2	0·18	0·6	0·43	1	0·72	3
0·9	—	—	0·04	0·1	0·14	0·4	0·34	1	0·57	2
1·0	—	—	—	—	0·12	0·3	0·28	0·7	0·46	1
1·1	—	—	—	—	0·10	0·2	0·23	0·6	0·41	1
1·2	—	—	—	—	—	—	0·19	0·4	0·32	0·8
1·3	—	—	—	—	—	—	0·16	0·3	0·27	0·6
1·4	—	—	—	—	—	—	—	—	0·23	0·5
1·5	—	—	—	—	—	—	—	—	0·20	0·4
1·6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1·7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1·8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1·9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2·0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Tabelle II. Stromstärke von 50—90 Ampères.

Durchmesser des Leiters in Cm.	*HP.* abs. per Kilom.	Erhöhung der Temperatur Grade C.	*HP.* abs. per Kilom.	Erhöhung der Temperatur Grade C.	*HP.* abs. per Kilom.	Erhöhung der Temperatur Grade C.	*HP.* abs. per Kilom.	Erhöhung der Temperatur Grade C.	*HP.* abs. per Kilom.	Erhöhung der Temperatur Grade C.
	50 Amp.		60 Amp.		70 Amp.		80 Amp.		90 Amp.	
0·1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0·15	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0·2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0·25	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0·3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0·35	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0·4	4·5	32	—	—	—	—	—	—	—	—
0·5	2·9	16	4·1	24	5·6	32	7·3	42	9·3	53
0·6	2·0	10	2·9	14	3·9	19	5·1	24	6·5	31
0·7	1·5	6	2·1	9	2·9	12	3·7	15	4·7	19
0 8	1·1	4	1·6	6	2·2	8	2·9	10	3·6	13
0·9	0·89	3	1·3	4	1·7	6	2·3	7	2·9	9
1·0	0·72	2	1·0	3	1·4	4	1·8	5	2·3	7
1·1	0·59	2	0·85	2	1·2	3	1·5	4	1·9	5
1·2	0·50	1	0·72	2	0·98	2·0	1·3	3	1·6	4
1·3	0·42	1	0·61	1	0·83	2·0	1·1	2	1·4	3
1·4	0·37	0·8	0·53	1	0·72	2·0	0·94	2	1·2	2
1·5	0·32	0·6	0·46	0·9	0·62	1·0	0·81	2	1·0	2
1·6	0·28	0·5	0·40	0·8	0·55	1·0	0·72	1	0·91	2
1·7	0·25	0·4	0 36	0·6	0 49	0·8	0·64	1	0·81	1
1·8	—	—	0·32	0·5	0·43	0·7	0·57	0·9	0·71	1
1·9	—	—	0·29	0·4	0·39	0·6	0·51	0·8	0·64	1
2·0	—	—	—	—	0·35	0·5	0·46	0·7	0 58	1

Tabelle III. Stromstärke von 100—500 Ampères

Durchmesser des Leiters in Cm.	*HP.* abs. per Kilom.	Erhöhung der Temperatur Grade C.	*HP.* abs. per Kilom.	Erhöhung der Temperatur Grade C.	*HP.* abs. per Kilom.	Erhöhung der Temperatur Grade C.	*HP.* abs. per Kilom.	Erhöhung der Temperatur Grade C.	*HP.* abs. per Kilom.	Erhöhung der Temperatur Grade C.
	100 Amp.		200 Amp.		300 Amp.		400 Amp.		500 Amp.	
0·6	8·0	38	—	—	—	—	—	—	—	—
0·7	5·8	24	—	—	—	—	—	—	—	—
0·8	4·5	16	—	—	—	—	—	—	—	—
0·9	3·5	11	—	—	—	—	—	—	—	—
1·0	2·9	8	11·5	33	—	—	—	—	—	—
1·1	2·4	6	9·5	25	—	—	—	—	—	—
1·2	2·0	5	8·0	19	—	—	—	—	—	—
1·3	1·7	4	6·8	15	15	34	—	—	—	—
1·4	1·5	3	5.9	12	13	27	—	—	—	—
1·5	1·3	2	5·1	10	11	22	20	39	—	—
1·6	1·1	2	4·5	8	10	18	18	32	—	—
1·7	1·0	2	4·0	7	8·9	15	16	27	—	—
1·8	0·9	1	3·5	6	8·0	13	14	23	22	35
1·9	0·8	1	3·1	5	7·1	11	13	19	20	30
2·0	0·7	1	2·9	4	6·4	9	11	16	18	25
2·2	0·6	1	2·4	3	5·3	7	9·5	12	15	19
2·4	0·5	1	2·0	2	4·5	5	8·0	10	13	15
2·6	—	—	1·7	2	3·8	4	6·8	8	11	12
2·8	—	—	1·4	2	3·3	3	5·8	6	9·1	9
3·0	—	—	1·3	1	2·9	3	5·1	5	8·0	8
3·2	—	—	—	—	2·5	2	4·5	4	7·0	6
3·4	—	—	—	—	2·2	2	3·9	3	6·2	5
3·6	—	—	—	—	2·0	2	3·5	3	5·4	4
3·8	—	—	—	—	—	—	3·2	2	5·0	4
4·0	—	—	—	—	—	—	—	—	4·5	3
4·5	—	—	—	—	—	—	—	—	3·5	2
5·0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5·5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6·0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Tabelle IV. Stromstärke von 600—1000 Ampères.

Durchmesser des Leiters in Cm.	*HP.* abs. per Kilom.	Erhöhung der Temperatur Grade C.	*HP.* abs. per Kilom.	Erhöhung der Temperatur Grade C.	*HP.* abs. per Kilom.	Erhöhung der Temperatur Grade C.	*HP.* abs. per Kilom.	Erhöhung der Temperatur Grade C.	*HP.* abs. per Kilom.	Erhöhung der Temperatur Grade C.
	600 Amp.		700 Amp.		800 Amp.		900 Amp.		1000 Amp.	
0·6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0·7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0·8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0·9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1·0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1·1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1·2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1·3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1·4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1·5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1·6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1·7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1·8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1·9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2·0	26	37	—	—	—	—	—	—	—	—
2·2	21	28	—	—	—	—	—	—	—	—
2·4	18	21	—	—	—	—	—	—	—	—
2·6	15	17	21	24	—	—	—	—	—	—
2·8	13	13	18	18	23	24	—	—	—	—
3·0	11	11	16	15	20	20	26	25	32	30
3·2	10	9	13	12	18	16	23	20	28	25
3·4	8·7	8	12	10	16	13	20	17	25	21
3·6	7·9	6	11	9	14	11	18	14	22	18
3·8	7·1	5	10	7	12	9	16	12	20	15
4·0	6·4	5	8·8	6	11	8	15	10	18	12
4·5	5·1	3	6·9	4	9·1	6	11	7	14	9
5·0	4·1	2	5·6	3	7·3	4	9·3	5	11	6
5·5	—	—	4·7	2	6·1	3	7·7	4	9·5	5
6·0	—	—	—	—	5·1	2	6·4	3	7·9	4

welche im »Electrical Review« von Robert Sabine veröffentlicht worden sind und welche wir hier wiedergeben. In diesen Tabellen wird in Pferdekräften die in Form von Wärme in den Kabeln und Leitungsdrähten verloren gehende Arbeit bei Anwendung verschieden starker Drähte und verschiedener Stromintensitäten angegeben. Ferner ersieht man aus diesen Tabellen die in Drähten, diese als blank vorausgesetzt, bewirkte Temperaturserhöhung.

Die Berechnung wird in zweierlei Art ausgeführt, je nachdem die Zahl der Lampen gegeben ist und man die zu deren Betriebe nothwendige Betriebskraft sucht, oder die Betriebskraft zur Verfügung steht und die Zahl der Lampen zu bestimmen ist, welche durch letztere in Thätigkeit gesetzt werden können.

Um für den ersten Fall die Berechnung ausführen zu können, ist es zunächst nothwendig, die Zahl der Pferdekräfte oder Kgr.-Mtr. zu kennen, deren eine jener Lampen bedarf, welche man verwenden will. Nachstehende Tabelle giebt für eine Reihe von Lampen diese Zahlen an.

Ist der Kraftbedarf in den Lampen einmal bekannt, so ist es leicht, in angenäherter Weise daraus den Kraftbedarf für die Maschine abzuleiten. Wenn man nach den bisher bekannt gewordenen Maschinen- und Lampen-Constructionen und deren Prüfungsergebnissen den Kraftbedarf in den Lampen und jenen in der Maschine vergleicht, so findet man, dass das Verhältniss bei diesen beiden zwischen 0·32 und 0·77 schwankt, sich aber in den meisten Fällen auf 0·50 bis 0·60 hält. Man wird also immer der Wahrheit nahe stehende Resultate er-

halten, wenn man das Mittel zu 0·5 zur Berechnung benützt. Man findet daher die Zahl der Pferdekräfte, welche von der Maschine absorbirt werden, indem man

Lampe von	Lichtstärke in Carcel-brennern	Bedarf in *HP.*	Bedarf per Carcel-brenner in Kgmtr.
Siemens für gleichger. Strom	306	2·52	0·617
» » » »	205	1·59	0·581
» » » »	52	0·64	0·923
Gramme	966	7·87	0·608
»	167	1·37	0 603
»	102	1·04	0·764
Weston	85	1·00	0·882
Bürgin	82	1·03	0·942
Jürgensen	688	7 09	0·772
Brush	38	0·60	1·184
Jaspar	167(?)	1·10	0·494
Berjot	146	1.68	0·863
Siemens für Wechselstrom	39	0·94	1·807
		Kgr.	
Jablochkoff (Kerze)	20·2	32·7	1 618
» »	23·7	34·4	1·451
Jamin »	16	47·5	2·969
» »	9·4	25·8	2·745
Swan (Glühlicht)	1·16	7·06	6·086
» »	2·32	9·67	4·168
Edison »	1·16	5·91	5·095
» »	2·32	7·60	2·276
Werdermann »	34	34	1 000

die für die Lampenarbeit erhaltene Zahl mit 2 multiplicirt. Wenngleich die so berechnete Ziffer in der Regel etwas zu gross bekommen wird, so hat dies keinen besonderen Nachtheil, da einerseits ein kleiner Ueberschuss an Kraft stets wünschenswerth erscheint und

man andererseits die Rechnung für die Leiter der Anlage verlässlicher ausführen kann.

Will man umgekehrt wissen, wie eine gegebene Betriebskraft für die elektrische Beleuchtung ausgenützt werden kann, so hat man sich zunächst daran zu erinnern, dass mit grossen Einzellichtern, wie solche z. B. auf Leuchtthürmen Anwendung finden, 100 Carcelbrenner per Pferdekraft erhalten werden können. Bei der Mehrzahl der für Theilungslicht angewandten Regulatoren darf man auf 50—60 Carcelbrenner per in der Maschine absorbirten Pferdekraft, bei Kerzen auf nicht mehr als 30—35 Carcelbrenner rechnen, und endlich kann eine Pferdekraft 5 Glühlichtlampen von 1·5—2 Carcelbrenner im Betriebe erhalten.

Handelt es sich um die Ausnützung schon vorhandener nicht benützter Betriebskraft, so ist bei deren Verwendung zum Betriebe einer elektrischen Beleuchtungsanlage, welche Lampen und Lichtmaschinen auch immer gewählt werden mögen, stets auf die Erfüllung der auf Seite 2 angegebenen Eigenschaften des Motors zu sehen.

Index.



